



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**PORUCHY ASFALTOBETONOVÝCH NÁVODNÍCH
PLÁŠŤŮ PŘEHRAD**

DEFECTS ON THE UPSTREAM ASPHALTIC LININGS AT DAMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Mezera

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. JAROMÍR ŘÍHA, CSc.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jiří Mezera
Název	Poruchy asfaltobetonových návodních plášťů přehrad
Vedoucí práce	prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. The Shell Bitumen Hydraulics Engineering Handbook, Shell International Petroleum Company Ltd., Shell Centre London, SE1 7NA (CD ROM Version).
2. Sobolewski, T. a kol. PGE Energia Odnawialna SA. Monografia Elektrowni Szczytowo-Pompowej Porabka Źar Wydanie II, Biala, 2010.
3. Humer, B. Asphalt-lined Reservoirs. informace o přehradách s těsněním z VAB.
4. Haugh, B. Turlough Hill – Upper Reservoir: Condition of the Lining after 30 years, článek, ESB International, Ireland, 2011.
5. Pfiffner, H. P. a kol. Asphalt hydraulic engineering. Walo Bertschinger AG, 2003.
6. Strabag. Asphalt-wasserbau Entwicklungsgeschichte in den neuen Bundesländern. Strabag, Sešit č. 46. 1992.
7. Szling, Z. – Szymański, A. The origin of and prevention from damage to impervious facings. CIGB, Q65, R. 6 Vienna, 1991.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude obsahovat výčet a popis poruch asfaltobetonových návodních plášťů sypaných přehrad, bude proveden rozbor příčin jednotlivých poruch, hodnocení jejich závažnosti a možného způsobu sanace. V práci budou uvedeny praktické příklady výskytu poruch a jejich sanace.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem poruch asfaltobetonových návodních plášťů. V úvodní části jsou uvedeny druhy asfaltobetonu a požadavky na složení asfaltobetonového těsnění. Následující část popisuje jednotlivé vrstvy a metody pokládky asfaltobetonu. Dále jsou popsány a analyzovány nejčastější poruchy s ohledem na příčinu vzniku, možná místa výskytu a závažnost. Rozbor rovněž obsahuje praktické příklady výskytu poruch a jejich sanaci. V závěrečné části je uvedena souhrnná tabulka, která obsahuje nejčastější typy poruch spolu se závažností a nutností opravy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přehrada, nádrže přečerpávacích elektráren, asfaltobeton, asfaltobetonové těsnění, poruchy asfaltobetonových návodních plášťů, skladby asfaltobetonových plášťů, metody oprav

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with analysis of defects on the upstream asphaltic linings. In the introductory part, the types of asphaltic concrete and the composition of asphalt concrete linings are presented. Following section describes individual layers and methods of paving asphaltic concrete. The most common defects are described and analysed regarding the cause, possible sites and severity in the next section. The analysis also includes practical examples of defects and their repair. In the final section there is a summary table, which includes the most common types of defects together with the severity and necessity of repair.

KEYWORDS

Dam, pumped-storage reservoirs, asphaltic concrete, asphalt concrete linings, defects on the upstream asphaltic linings, composition of the asphaltic concrete linings, repair methods

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jiří Mezera *Poruchy asfaltobetonových návodních plášťů přehrad*. Brno, 2019. 68 s.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Poruchy asfaltobetonových návodních plášťů přehrad* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2019

Jiří Mezera
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Poruchy asfaltobetonových návodních plášťů přehrad* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2019

Jiří Mezera
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Touto formou bych rád poděkoval panu prof. Ing. Jaromírovi Říhovi, CSc. za odborné a cenné rady a za vstřícný přístup během zpracovávání práce. Dále bych chtěl poděkovat za možnost účastnit se workshopu Provozní zkušenosti z vodních děl s AB pláštěm, který mi byl velkým zdrojem informací. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod.....	10
1.1. Použití asfaltobetonu	10
1.2. Terminologie	11
2. Cíl a předmět práce	13
3. Asfaltobetonové plášťové těsnění.....	14
3.1. Požadavky na asfaltobetonové pláště	14
3.2. Složení asfaltobetonu.....	14
3.3. Druhy asfaltobetonu a jejich značení.....	14
3.4. Používané skladby těsnicích plášťů.....	16
3.4.1. Ochranná vrstva.....	17
3.4.2. Těsnicí vrstva	17
3.4.3. Drenážní vrstva	17
3.4.4. Podkladní (ložná) vrstva.....	17
3.5. Pokládka asfaltobetonu.....	17
3.5.1. Pokládka na dno	17
3.5.2. Pokládka na svah	18
3.5.3. Spoje.....	19
3.5.4. Konstrukční spoje.....	20
3.5.5. Asfaltový mastix	20
4. Poruchy asfaltobetonových plášťů.....	21
4.1. Klasifikace poruch.....	21
4.1.1. Dle stádia.....	21
4.1.2. Dle závažnosti	22
4.1.3. Dle místa výskytu.....	22
4.1.4. Dle příčiny.....	23
4.1.5. Dle sanace a opravitelnosti.....	24
4.2. Výčet poruch.....	24
4.2.1. Porušení mastixu (destroyed bitumen – mastic, elephant skin, mastic tear, Bindemittelaustritte, Elefantenhaut).....	25
4.2.2. Sjíždění po svahu (sliding).....	28
4.2.3. Odlupování.....	30
4.2.4. Puchýře (blisters, Blasen).....	32
4.2.5. Vyboulení pláště.....	35
4.2.6. Kráterky (blisters, Pusteln).....	37

4.2.7.	Neštovice	43
4.2.8.	Trhliny (cracks, Risse)	44
4.2.9.	Prosednutí (depression)	57
5.	Závěr	61
6.	Seznam použitých pramenů	63
6.1.	Literatura	63
6.2.	Předpisy	64
7.	Seznam tabulek	65
8.	Seznam obrázků	66
9.	Seznam zkratk a symbolů.....	68

1. Úvod

Asfaltobeton (AB) je tradiční materiál, který je díky svým vlastnostem vhodný pro konstrukci návodních pláštů hrází sypaných přehrad. Zmínky o prvním použití jednoduchých AB pláštů se uvádějí již kolem roku 1300 př. n. l. První použití AB tak, jak ho známe dnes, se uvádí v roce 1910 v USA při stavbě přehrady Central [Adam a kol., 2014]. Na území Československa se začal nejvíce používat v 60. letech 20. století.

1.1. Použití asfaltobetonu

Asfaltobeton lze použít jako těsnicí plášť u svahů i dna nádrže, proto se nejčastěji používá pro těsnění horních nádrží přečerpávacích vodních elektráren (PVE). Dále se uplatní v lokalitách, kde není dostatek vhodných přírodních těsnicích materiálů.

Celosvětově disponují AB plášťovým těsněním stovky zemních sypaných hrází. Technologie AB těsnicích pláštů byla vyvinuta v Evropě, proto je nejvíce takových hrází právě zde (kolem 80 %) [Říha, 2004 a]. V Německu například vodní dílo (VD) Eggberg, Hornberg a Ulmbach. V Rakousku nádrž Gross See, v Polsku horní nádrž VD Porabka-Zar, na Slovensku Čierný Váh. Ve Velké Británii pak přehrada Winscar.

Na území České republiky patří k nejvýznamnějším vodním dílům s AB návodním těsnicím pláštěm PVE Dlouhé Stráně. Na tomto díle je AB použit jako plášťové těsnění horní i dolní nádrže. Avšak pouze horní nádrž měla dlouhodobé problémy se stavem AB těsnění. Špatný stav AB pláště zřejmě způsobilo nevhodně zvolené kamenivo. Bylo tak rozhodnuto o celkové opravě těsnicího prvku.

Ze zpracované dokumentace rekonstrukcí vyvolaných poruchami [Říha, 2004 a] vyplývá, že poměrně velký výskyt poruch je již v období 5 let po dokončení těsnění. Ve většině případů jsou poruchy zapříčiněny nedodržením technologického postupu při výrobě a pokládce AB. Nedostatečné zhutnění podkladu může způsobit nerovnoměrné sedání konstrukce a tím dochází ke vzniku trhlin v AB plášti. Nedokonalým spojením vrstev vícevrstevných pláštů může docházet ke vzniku puchýřů. Předčasné stárnutí AB pláště nastane v případě nízkého obsahu asfaltu ve směsi, naopak vysoký obsah asfaltu zapříčiní sjíždění AB pláště po svahu. K dalšímu zvýšenému výskytu poruch dochází po 20. roku od dostavby, maximum oprav se vyskytuje v rozmezí od 30. do 35. roku.

Z uvedených skutečností vyplývá nutnost bližšího průzkumu a rozboru jednotlivých poruch AB plášťových těsnění.

1.2. Terminologie

K objasnění používané terminologie se vychází z dostupné literatury, předpisů a norem. Za největší zdroj termínů lze považovat české normy, zejména ČSN 73 6851, ČSN 75 2020 a ČSN 75 0120.

Asfalt – Živice vyrobená z ropy, nebo vyskytující se v přírodě. Vyskytuje se v polotekutém až tuhém stavu a teplem měkne [ČSN 73 6851].

Beton asfaltový vodostavební – Směs asfaltu a kameniva s plynulou nebo přerušovanou křivkou zrnitosti, kde asfalt plní funkci pojiva. Používá se do asfaltobetonových plášťových těsnění, které se zpravidla skládá z vrstev těsnicí, ložní a podkladní [ČSN 75 2020].

Beton asfaltový vodostavební hutný – Asfaltová směs s minimálním objemem nevyplněných pórů, používá se jako těsnicí prvek [ČSN 73 6851].

Beton asfaltový vodostavební mezerovitý – Vodostavební asfaltový beton se vzájemně spojenými dutinami nevyplněnými pojivem. Používá se jako drenážní vrstva [ČSN 73 6851].

Degradace – Pokles, snížení kvality materiálu.

Emulze asfaltová – Roztok asfaltu ve vodě, napomáhá k lepšímu spojení jednotlivých vrstev.

Flexibilita – Schopnost vazkopružnotvárné deformace pláště, udává se v mm průhybu zkušebního trámce [ČSN 75 2020].

Koberec asfaltový vodostavební drenážní – Asfaltová směs s vysokým obsahem vzájemně spojených mezer umožňujících pronikání vody. Funguje jako drenážní vrstva [ČSN 75 2020].

Koberec asfaltový vodostavební otevřený – Směs asfaltu a kameniva o otevřené zrnitosti používaná do ložní nebo podkladní vrstvy asfaltobetonových pláštů [ČSN 75 2020].

Kráterky – Poškození pláště v podobě přibližně kruhového otvoru.

Mastix asfaltový – Asfaltová směs s vysokým obsahem asfaltového pojiva, slouží jako ochranná vrstva před vnějšími vlivy [ČSN 75 2020].

Porucha – Poškození, které zhoršuje těsnicí schopnost AB pláště.

Poškození – Narušení bezchybného stavu objektu [Heřman, Votruba, 1993].

Puchýř – Narušení pláště v podobě vybouleniny.

Stabilita na svahu – Tvarová a polohová stálost pláště na nakloněné rovině za určitých teplotních podmínek [ČSN 75 2020].

Svah hráze návodní – Povrch hráze (sypané) na návodní straně [ČSN 75 0120].

Svah hráze vzdušní – Povrch hráze (sypané) na vzdušní straně [ČSN 75 0120].

Závada – Nepatrná vada, jejíž přítomnost neohrožuje schopnost objektu plnit požadovanou funkci [Heřman, Votruba, 1993].

Živice (bitumen) – Směs uhlovodíků složité struktury získaná destilací nebo vyskytující se v přírodě, dělí se na asfaltové a dehtové [ČSN 73 6851].

2. Cíl a předmět práce

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled možných poruch asfaltobetonových plášťových těsnění, jejich popis, rozbor a možnosti sanace.

Náplní práce je studium odborné literatury zabývající se poruchami asfaltobetonových plášťových těsnění. Dále bude proveden rozbor příčin vzniku jednotlivých poruch, zhodnocení jejich závažnosti a možné metody sanace. Práce bude doplněna o praktické příklady výskytu poruch a jejich sanace.

Práce obsahuje:

- Požadavky na AB pláště – Podmínky, za kterých musí AB plášť plnit svojí funkci.
- Složení AB – Popis materiálů tvořící AB směs.
- Druhy AB a jeho značení – Dle starší ČSN 73 6851 a platné 75 2020.
- Skladby AB – Používané skladby vzhledem k počtu těsnicích vrstev, popis jednotlivých vrstev.
- Provádění AB plášťů – Technologie pokládky AB vzhledem ke geometrickým tvarům hráze, řešení spojů a napojení AB.
- Klasifikace poruch – Roztřídění poruch do skupin dle stádia, místa výskytu, příčiny a sanace.
- Výčet a rozbor poruch – Popis jednotlivých poruch spolu s jejich závažností, místy a příčinami výskytu. Praktické příklady a jejich sanace.

3. Asfaltobetonové plášťové těsnění

Hlavní předností AB jako těsnicího pláště je jeho flexibilita, má schopnost přizpůsobit se drobným nerovnostem podloží. Pokud je však vystaven působení vzduchu a UV záření, snižuje se jeho deformační schopnost. Vzhledem k tomu že se jedná o směs s velmi vysokou viskozitou, dochází k pomalému stékání AB vrstvy po svahu vlivem vlastní tíhy a vysokých teplot.

3.1. Požadavky na asfaltobetonové pláště

Asfaltobetonové těsnicí pláště musí podle ČSN 75 2020 splňovat celou řadu požadavků. Pro správnou funkci pláště, musí být zaručena vodotěsnost těsnicích vrstev při tlakových účincích vody. Plášť musí odolávat podmínkám ve venkovním prostředí, zejména vysokým teplotám, kdy může docházet k nadměrným plastickým deformacím. Nebezpečné je také střídání teplot, při kolísání hladiny je rozehrátý plášť náhle zatopen a ochlazen. Během kolísání hladiny, případně během vypouštění nádrže nesmí být ohrožena stabilita pláště. Dále musí být plášť odolný vůči účinkům vln, ledu a nárazům plovoucích předmětů.

3.2. Složení asfaltobetonu

AB je tvořen směsí těžného nebo drceného hrubého a drobného kameniva, kamenné moučky a asfaltu. Jako pojivo se používá ropný silniční asfalt, nebo asfalt modifikovaný polymery. Pojivo musí vykazovat dobrou přilnavost ke kamenivu. Přilnavost ovlivňuje také zvolené kamenivo, kde lepší přilnavost mají zásadité horniny [ČSN 75 2020].

Pro výrobu AB jako těsnicí vrstvy se používá kameniva Fullerova typu [Svoboda, 2004]. Jedná se o kamenivo s plynulou křivkou zrnitosti. Dochází tak k vyplňování mezizrnného prostoru stále menšími zrny kameniva a snižuje se spotřeba asfaltového pojiva.

Naopak u AB používaných pro drenážní vrstvy se využívá kameniva s přerušovanou křivkou zrnitosti [Svoboda, 2004]. Mezizrnný prostor tak není vyplňován stále menšími zrny, což zajišťuje požadovaný podíl vzduchových mezer.

3.3. Druhy asfaltobetonu a jejich značení

Za nejzákladnější třídění AB lze považovat podle funkce jakou má v dané vrstvě zastávat, a to těsnicí nebo drenážní. Drenážní vrstva musí splňovat podmínku dostatečné propustnosti, zatímco těsnicí vrstva by měla být co nejméně propustná. Další varianty AB podle druhu vrstvy a jejich značení podle ČSN 75 2020 jsou uvedeny v Tab. 1. Pro orientaci je zde uvedeno i rozřídění a značení podle ČSN 73 6851 v Tab. 2.

Tab. 1. Třídění AB vrstev dle ČSN 75 2020

Druh asfaltobetonu	Označení
Asfaltový beton vodostavební těsnicí	ACVT
Asfaltový beton vodostavební ložní	ACVL
Asfaltový beton vodostavební podkladní	ACVP
Asfaltový koberec drenážní vodostavební	PAV
Asfaltový koberec otevřený vodostavební	AKOV

Tab. 2. Třídění AB vrstev dle starší ČSN 73 6851

Druh asfaltobetonu	Označení
Vodostavební asfaltový beton	VAB
Hutný vodostavební asfaltový beton	VABH
Mezerovitý vodostavební asfaltový beton	VABM

V práci bude dále používána terminologie se značením dle platné normy ČSN 75 2020. Proto jsou v Tab. 3. uvedeny názvy druhů AB se značením dle starší normy 73 6851 a jejich název se značením dle ČSN 75 2020.

ČSN 73 6851		ČSN 75 2020	
Druh asfaltobetonu	Označení	Druh asfaltobetonu	Označení
Vodostavební asfaltový beton	VAB	Asfaltový beton vodostavební (ložní, podkladní, těsnicí)	ACVL, ACVP, ACVT
Hutný vodostavební asfaltový beton	VABH	Asfaltový beton vodostavební těsnicí	ACVT
Mezerovitý vodostavební asfaltový beton	VABM	Asfaltový koberec drenážní vodostavební	PAV
		Asfaltový beton vodostavební (ložní, podkladní)	ACVL, ACVP

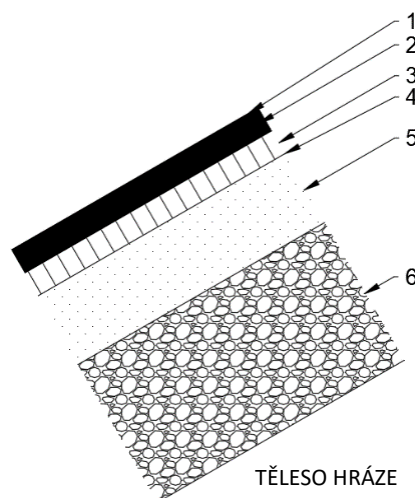
Tab. 3. Přeznačení ze starší ČSN 73 6851 na aktuální ČSN 75 2020

3.4. Používané skladby těsnících pláštů

Norma ČSN 75 2020 rozlišuje dvě základní varianty složení AB pláštů. Jednovrstvé pláště, které mají jednu vrstvu vodotěsného asfaltobetonu a dvouvrstvé, kde je mezi dvěma vrstvami vodotěsného asfaltobetonu drenážní vrstva z propustného asfaltobetonu.

Skladba jednoplášťového těsnění

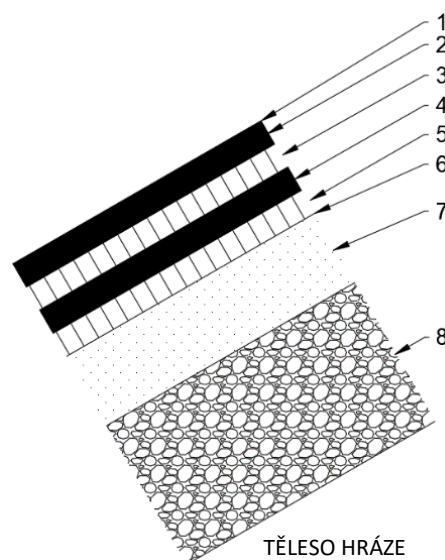
1. Ochranná vrstva – Asfaltový mastix (AMV)
2. Těsnicí vrstva – Asfaltový beton vodostavební těsnicí (ACVT)
3. Drenážní vrstva – Asfaltový koberec drenážní vodostavební (PAV)
4. Spojovací vrstva – Asfaltová emulze
5. Podkladní vrstva – Štěrka
6. Vyrovňovací úprava návodního svahu



Obr. 1 Jednoplášťové těsnění

Skladba dvouplášťového těsnění

1. Ochranná vrstva – AMV
2. Těsnicí vrstva – ACVT
3. Drenážní vrstva – PAV
4. Těsnicí vrstva – ACVT
5. Drenážní vrstva – PAV
6. Spojovací vrstva – Asfaltová emulze
7. Podkladní vrstva – Štěrka
8. Vyrovňovací úprava návodního svahu



Obr. 2 Dvouplášťové těsnění

3.4.1. Ochranná vrstva

Povrch AB těsnicího pláště se opatřuje ochrannou vrstvou v podobě asfaltového mastixu, která chrání těsnicí vrstvu před klimatickými účinky a zejména před UV zářením. Ve velké míře tak přispívá k delší životnosti AB těsnicího pláště. Asfaltový mastix lze vynechat ve skladbě pláště na dně nádrže. Ochrannou vrstvu může tvořit i postřík asfaltovou emulzí. Jako další ochranný prvek může být na plášť nanesen reflexní nátěr, který obzvláště v místě kolísání hladin snižuje teplotní namáhání AB.

3.4.2. Těsnicí vrstva

Těsnicí vrstva zabraňuje průsaku vody do skladby pláště a dále do tělesa hráze. Plní tak hlavní funkci AB pláště. K provedení se používá ACVT v minimální tloušťce na svahu 60 mm, ve vodorovné části pak 50 mm. Mezerovitost po zhutnění této vrstvy nesmí být větší jak 3 % [ČSN 75 2020].

3.4.3. Drenážní vrstva

Pro odvod vody prosáklé pod těsnicí vrstvu se používá drenážní vrstva. Zhotovuje se z PAV v minimální tloušťce 60 mm. Mezerovitost AB směsi se musí pohybovat v rozmezí 10-15 %. Pokud drenážní vrstva plní zároveň funkci vrstvy ložné, musí být mezerovitost mezi 18-22 % [ČSN 75 2020].

3.4.4. Podkladní (ložná) vrstva

Tato vrstva se pokládá jako první ve skladbě AB pláště a zajišťuje tak napojení na těleso hráze. Podkladní vrstvou je možno vyrovnat drobné nerovnosti na povrchu hráze. Provádí se z ACVP, nebo AKOV. Mezerovitost směsi se pohybuje v rozmezí 18-22 % [ČSN 75 2020].

3.5. Pokládka asfaltobetonu

Rozlišují se dva základní způsoby pokládání AB, a to na dno nádrže a na svah. Způsob pokládání na svah se dále odlišuje podle délky svahu na vertikální a horizontální. Pozornost je věnována především spojům, ať už pracovním spárám, nebo mezi starým a novým AB. Speciálně řešeny jsou rovněž konstrukční spoje, především napojení AB na funkční objekty, které jsou nejčastěji z betonu. Důležitou roli hraje také mastix, jakožto ochranný prvek těsnicího pláště.

3.5.1. Pokládka na dno

Pokládání AB na dno nádrže probíhá obdobně jako v případě pokládky vozovky, kdy je finišer zásobován přímo zásobním vozem [Torkuhl, Willson, 2014]. Je kladen důraz na provádění spojů jednotlivých pásů, kdy musí být zajištěno, že oba spojované pásy jsou ještě

horké. Proto jsou velké plochy řešeny větším počtem finišerů (Obr. 3), kde pár metrů za prvním finišerem jede ve vedlejším pásu další finišer. Hutnění se provádí hutnicím válcem.



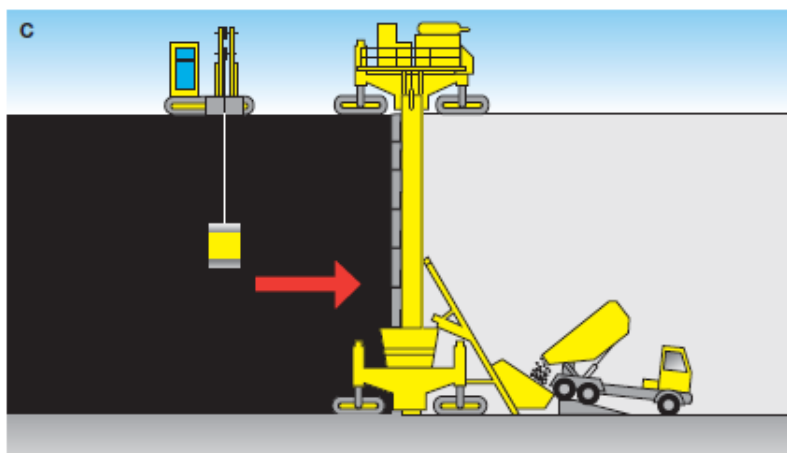
Obr. 3 Pokládka AB na dno nádrže [Torkuhl, Willson, 2014]

3.5.2. Pokládka na svah

Na krátkých svazích rovných hrází lze pokládku provádět metodou horizontálního pokládání. Delší svahy nádrží s proměnlivým tvarem hráze se provádí vertikálním pokládáním.

Horizontální

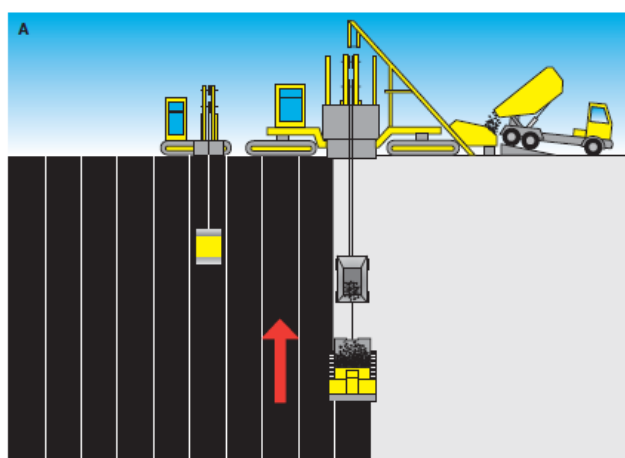
Tento způsob pokládky AB se používá u hrází, které mají konstantní délku svahu a přímý tvar. AB je pokládán mostovým finišerem (Obr. 4), který se pohybuje rovnoběžně s osou hráze [Torkuhl, Willson, 2014]. Materiál je do finišeru vkládán z koruny hráze, nebo ze dna nádrže. Tímto způsobem je možné řešit svahy do délky 30 m v jednom pásu, do 50 m ve dvou páslech. Hutnění je zajištěno válcem, který je zavěšený na navijáku a pohybuje se ve vertikálním směru. Horizontálním pokládáním nevznikají v ploše pláště pracovní spáry, což je velká výhoda této metody.



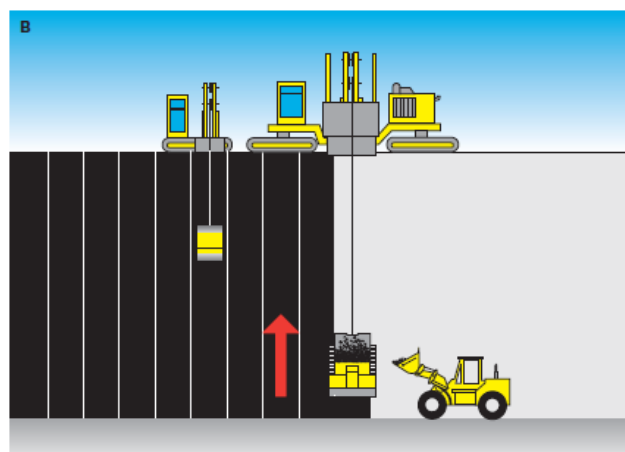
Obr. 4 Horizontální pokládání AB [Pfiffner, Hock, 2003]

Vertikální

V případě vertikálního pokládání je AB pokládán v jednotlivých pásích šířky od 2,5m do 6 m směrem ode dna nádrže po korunu hráze (Obr. 5), veškerá technologie je zavěšena na navijáku [Torkuhl, Willson, 2014]. Pokládka je provedena finišerem, který může být v případě delších svahů doplněn zásobním vozíkem. Materiál se do zásobního vozíku vkládá z koruny hráze. Jestliže se jedná o kratší svah, zásobní vozík se nepoužívá a materiál se vkládá přímo do finišeru ze dna nádrže (Obr. 6). Hutnění se provádí hutnicím válcem, pokud se jedná o delší svah, může být využito i více válců. Je možné pokládat těsnicí vrstvy do tloušťky 15 cm, drenážní vrstvy do tloušťky 20 cm. Nevýhodou této metody je fakt, že hutnicí válce nemohou být zavěšeny hned za finišerem. Dochází tak k zhutnění již částečně zchladlé AB směsi.



Obr. 5 Pokládka AB s plněním z koruny hráze [Pfiffner, Hock, 2003]

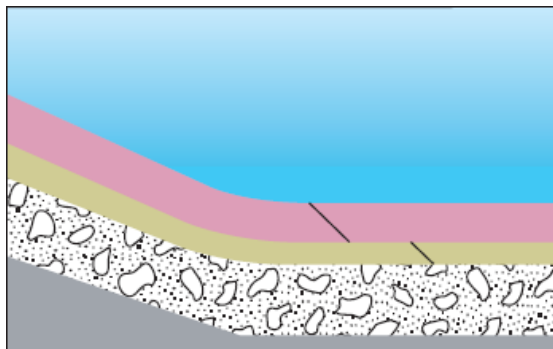


Obr. 6 Pokládka AB s plněním ze dna nádrže [Pfiffner, Hock, 2003]

3.5.3. Spoje

Zvláštní pozornost je věnována takzvaným denním spojům, kdy je jeden pás již zchladlý. Kraj zchladlého pásu je odříznut tak, aby byl zkosený (Obr. 7) a následně je očištěn a

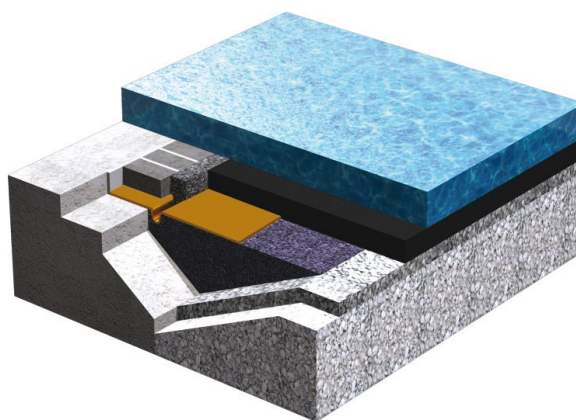
potážen asfaltovou emulzí [Torkuhl, Willson, 2014]. Před položením dalšího pásu se tento spoj zahřeje, po položení navazujícího pásu se spoj ručně zhutní.



Obr. 7 Zkosení hran spojů v napojení těsnění svahu a dna nádrže [Pfiffner, Hock, 2003]

3.5.4. Konstrukční spoje

Speciálně řešeny jsou rovněž konstrukční spoje. Je nutné provést nepropustný spoj mezi pružným AB a nepružnými materiály. Například spoj s betonovými funkčními objekty je prováděn s použitím měděného plechu s prolisem (Obr. 8), který zajišťuje dilataci [Torkuhl, Willson, 2014]. Plech musí být pevně připojen k betonové konstrukci a k AB. Pod tímto plechem se zhotoví zhutněný AB klín. Na plech je pak položena AB vrstva a ručně zhutněna.



Obr. 8 Konstrukční spoj s měděným plechem [Torkuhl, Willson, 2014]

Tento druh spoje je dále možné dotěsnit PVC fólií, která se do betonu zakotví pomocí nerezových lišt a do AB epoxidovým lepidlem viz (Obr. 48).

3.5.5. Asfaltový mastix

Asfaltový mastix vytváří na povrchu pláště ochrannou vrstvu před mechanickým poškozením a UV zářením [Torkuhl, Willson, 2014]. Skládá se z asfaltu, vápenné moučky a případně i písku. Nanáší se nátěrem z nanášecího vozíku s roztírací lištou zavěšeným na navijáku (Obr. 12).

4. Poruchy asfaltobetonových pláštů

Poruchy AB těsnicích pláštů se dají podle stupně porušení rozdělit na poruchy úplné a částečné. Dále se dají rozlišit podle časového průběhu na náhlé a postupné. Kombinací časového průběhu a stupně porušení získáme poruchu havarijní a degradační. Havarijní porucha je náhlá a úplná, zatímco degradační je částečná s postupným průběhem [Heřman, Votruba, 1993].

V případě AB těsnicích pláštů lze každou poruchu předpokládat jako degradační, jelikož jejich výskytu vždy předchází počáteční projevy a nevznikají náhle. Jedině vyboulení pláště (Obr. 22) se projeví jako náhlé, a to po snížení hladiny v nádrži. Procesy umožňující jeho vznik jsou však postupné.

Vznik poruch může nastat z vnějších i vnitřních příčin. Namáháním tepelným i mechanickým, vadou konstrukce nebo vadou přímo v projektu. Dále může poruchu způsobit nedodržení technologických postupů během výstavby nebo provedení nedokonalé opravy. Poruchy se mohou projevit jak lokálně, tak i v celé ploše pláště, dále se mohou vyskytnout při napojení pláštů na ostatní stavební objekty nebo napojení nového pláště ke stávajícímu [Heřman, Votruba, 1993].

Některé poruchy na AB pláštích jsou obdobné jako poruchy tvořící se na silničním AB u pozemních komunikací. Katalog poruch netuhých vozovek [Mališ a kol. 2010] tvoří soupis poruch, které se vyskytují na vozovkách a specifikuje jejich příčiny vzniku, místa výskytu, vývoj a možnost opravy. Podobnost s poruchami AB plášťových těsnění lze zmínit v případě kaveren, kdy dochází k tvorbě dutiny vlivem vypadání kameniva, podobně jako v případě neštovic u AB pláštů. Další podobnost je možné nalézt v tvorbě trhlin vlivem tepelného namáhání AB nebo poklesů v podloží. Největší podobnost je možné nalézt v případě puchýřů. Zde jsou příčiny a vývoj poruchy prakticky identické s puchýři mezi vrstvami u AB těsnicích pláštů. Je však nutné mít na paměti, že průběh poruch u vozovek je ovlivňován zatížením od dopravy na komunikaci. Mnohdy jsou tak poruchy přímo způsobené.

Poruchám AB pláštů lze zabránit dodržením technologických postupů a využitím materiálu odpovídajícímu platným normám. Prováděním kontrol a inspekcí lze včasné odhalit poruchy v počátečních fázích a zabránit tak vzniku vážnějších poruch. [The Shell Bitumen, 1999]

4.1. Klasifikace poruch

4.1.1. Dle stádia

Každá porucha má několik stádií svého výskytu. Jednotlivé formy poruchy v určitých stádiích se mohou prolínat s ostatními poruchami a vzájemně se doplňovat.

Obecně lze poruchy rozdělit dle stádií s přihlédnutím k závažnosti na:

- **Počáteční fázi** – dochází k projevu poruchy, která však zatím nepředstavuje hrozbu pro těsnicí schopnost pláště.
- **Pokročilou fázi** – dochází k vývoji poruchy a tím i ke zvýšení průsaků a možným projevům dalších poruch.
- **Poslední (konečnou) fázi** – porucha je již plně vyvinuta a výrazně zhoršuje těsnicí schopnost pláště a v extrémních případech i bezpečnost díla.

4.1.2. Dle závažnosti

Závažnost poruchy je silně spjata s momentálním vývojovým stádiem poruchy a se způsobem, jakým ovlivňuje provoz a bezpečnost VD a těsnicí funkci pláště. Poruchy se tak dají rozlišit na:

- **Drobné poruchy** – nezpůsobují průsaky a svým výskytem nikterak neovlivňují provoz a bezpečnost VD.
- **Závažné poruchy** – způsobují zvýšené průsaky, neovlivňují provoz VD.
- **Velmi závažné poruchy** – způsobují velké průsaky, ovlivňují provoz VD.
- **Fatální poruchy** – způsobují velké průsaky a ohrožují stabilitu a bezpečnost VD.

Drobné poruchy zahrnují počáteční fáze degradace mastixu, sjíždění AB po svahu bez výskytu trhlin, neštovice a odlupování. Dále se sem řadí počáteční stádium puchýřů a kráterků, kdy se projevují vyboulením. Stejně tak trhliny, které zatím nedosahují dalších vrstev a lokální prosedliny.

Do **závažných poruch** se dají zařadit pokročilá stadia všech poruch, ať už degradace mastixu nebo puchýře. Řadí se sem i trhlina podél napojení na korunu hráze, do které může zatékat i přes fakt, že se nachází nad vodní hladinou.

Velmi závažné poruchy tvoří zejména trhliny u napojení na funkční objekty, velké prosedliny, nebo prosedliny s trhlínami.

Fatální poruchy tvoří obzvláště konečná fáze prosednutí ve formě protržení pláště.

4.1.3. Dle místa výskytu

Nejzákladnějším rozdělením míst výskytu poruch je podle vztahu k vodní hladině:

- **Nad hladinou**
- **V místě kolísání hladiny**
- **Pod hladinou**

Mezi poruchy vznikající **nad hladinou** tak patří zejména porušení mastixu, sjíždění AB po svahu, odlupování v důsledku sjíždění po svahu nebo degradace mastixu, trhliny v napojení AB pláště na korunu hráze a trhliny způsobené sjížděním po svahu a degradací mastixu. V případě snížení hladiny v nádrži se nad hladinou projevuje také vyboulení pláště.

V místě kolísání hladiny dochází hlavně ke vzniku puchýřů a kráterků spolu s ostatními poruchami, které doprovázejí jejich vývoj.

Mezi poruchy vznikající **pod hladinou** patří především prosednutí pláště a trhliny v místě napojení na funkční objekty.

Ne všechny poruchy jsou však pevně vázány na místo výskytu v závislosti na hladině vody. Trhliny vznikají také v místech, kde dochází ke změně tvaru nebo materiálu tělesa hráze.

4.1.4. Dle příčiny

Příčin vzniku poruch je velké množství a většinou je porucha způsobena více příčinami. Stručně tak lze rozdělit příčiny způsobené:

- **Vadou konstrukce**
- **Nedodržením technologických postupů během výstavby**
- **Degradací**
- **Tepelným namáháním**
- **Nevhodnou sanací**

Vadou konstrukce se rozumí použití nevhodného kameniva, což může způsobit vznik puchýřů v jedné vrstvě. Dále sem náleží rozdílné sedání hráze a funkčních objektů, které způsobuje trhliny a rozdílné sedání v místě změny materiálu hráze, což rovněž způsobuje trhliny.

Nedodržením technologických postupů během výstavby může dojít k nedostatečnému napojení jednotlivých vrstev pláště, nebo špatnému provedení pracovních a konstrukčních spár. Dochází tak ke vzniku trhlin, sjíždění vrstev pláště, odlupování, puchýřů a vyboulení pláště.

Degradace zahrnuje především poruchy zapříčiněné působením UV záření nebo ledových ker. Náleží sem zejména porušení mastixu a trhliny způsobené posunem ledových ker.

Tepelné namáhání je významné především za jasného počasí, kdy je AB zahříván. Dochází tak ke stékání AB pláště po svahu. V místech kolísání hladiny je takto rozehřátý povrch zchlazen vodou, což je významné během zimních měsíců, kdy tak dochází k tvorbě kráterků a trhlin.

Nevhodná sanace pak může zapříčinit třeba prosednutí pláště. Pokud se v místě prosednutí dříve nacházela trhlina, mohlo dojít k vytvoření dutiny vyplavením materiálu pod pláštěm. Pokud by taková dutina nebyla zaplněna, v budoucnu by došlo právě k prosednutí.

4.1.5. Dle sanace a opravitelnosti

Kritérium sanace a opravitelnosti zohledňuje rozsah oprav a omezení provozu díla. Poruchy se tak dělí na:

- **Lokální opravy nevyžadující omezení užívání díla**
- **Lokální opravy při snížené hladině**
- **Plošné opravy při snížené hladině**
- **Lokální oprava při vypuštěné nádrži**
- **Celková rekonstrukce**

Lokální opravy nevyžadující omezení užívání díla zahrnují opravy poruch, které se vyskytují nad maximální hladinou. Jedná se například o trhlinu v místě napojení pláště na korunu hráze.

Do skupiny **lokálních oprav při snížené hladině** spadají poruchy vyskytující se v úrovni kolísání hladiny. Jedná se tak o puchýře, kráterky, trhliny, odlupování, neštovice a prosednutí.

Pokud se poruchy vyskytují ve větším počtu, nebo ovlivňují velkou plochu, přistupuje se k **plošným opravám při snížené hladině**. Náleží sem puchýře, kráterky, odlupování, degradace mastixu, vyboulení pláště, a prosednutí.

Skupina **lokálních oprav při vypuštěné nádrži** se vztahuje zejména na trhliny u napojení na funkční objekty, v případě, kdy jsou funkční objekty u dna nádrže. Dále sem mohou spadat prosedliny i vyboulení pláště.

Do **celkové rekonstrukce** spadá nahrazení AB pláště v celé ploše. Provádí se tak, při vyčerpání životnosti pláště, nebo když je zaznamenán velký výskyt bodových poruch, například kráterků.

4.2. Výčet poruch

Poruchy uvedené ve výčtu jsou roztrženy tak, jak se projevují ve skladbě pláště směrem od povrchu k podkladní vrstvě. Jsou tak rozděleny na devět hlavních poruch, porušení mastixu, sjíždění po svahu, odlupování, puchýře, vyboulení pláště, kráterky, neštovice, trhliny a prosednutí. Trhliny se dále dělí podle místa vzniku.

4.2.1. Porušení mastixu (destroyed bitumen – mastic, elephant skin, mastic tear, Bindemittelaustritte, Elefantenhaut)

Popis:

V případě porušení mastixu se také uvádí název sloní kůže. Porucha se projevuje zvrásněním (Obr. 9), případně až popraskáním vrstvy asfaltového mastixu [Tschernutter, 1988]. V pokročilé fázi může docházet k odlupování mastixu, nechráněný ACVT je pak vystaven zvýšenému namáhání a rychlejší degradaci.

Dle [Torkuhl, Willson, 2014] je možný také výskyt takzvaných mastixových nosů (slz), jedná se o výstupky v plášti způsobené položením mastixu ve větších tloušťkách. Projevují se zejména v místech, kde dochází k navázání sousedních pruhů při pokládce mastixu a v místech menších prohlubenin v plášti. Porucha nikterak neovlivňuje funkci ochranné vrstvy. Sanace probíhá opatrným nahřátím a rozetřením přebývajícího materiálu.



Obr. 9 Porušení mastixu (sloní kůže) [Říha, 2004 b]

Příčiny:

Jedná se o degradační poruchu způsobenou stárnutím materiálu [Říha, 2004 b]. Mastix je porušován zejména vlivem působení okolního prostředí. Zmrazovacími cykly a kolísáním hladiny dochází k teplotnímu namáhání mastixu, povrch je také poškozován mechanickými účinky ledu. Působení UV záření celý degradační proces urychluje.

Místa výskytu:

K tomuto druhu poškození AB pláště dochází v celé ploše návodního svahu nad vodní hladinou a v místech kolísání hladin. Pod minimální vodní hladinou je povrch pláště ve stabilním prostředí bez UV záření a nedochází ke kontaktu mastixu s venkovním klimatem.

Možná stádia:

Porušení mastixu se v počátcích projevuje jako sloní kůže. V tomto stádiu není porucha nikterak nebezpečná. Postupnou degradací však dochází k tvorbě trhlin a následně i k odlupování ochranné vrstvy. V poslední fázi poruchy tak mastix přestává plnit ochrannou funkci a musí být opraven.

Závažnost:

Vzhledem k tomu, že mastix neplní těsnicí funkci, je jeho porušení v počátečních fázích bráno spíše jako drobná vada, při níž není ohrožena těsnicí funkce pláště. I přes poškození, je totiž stále schopný plnit ochrannou funkci. Není tedy nutná jeho okamžitá oprava ani úprava provozu vodního díla. V případě, kdy začíná praskat a dochází k odlupování, přestává plnit funkci ochranné vrstvy a musí být opraven. Chybějící mastix totiž urychluje degradaci těsnicí vrstvy.

Příklady:

Sloní kůže se objevila např. na asfalto-latexové povrchové vrstvě u VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]. V tomto případě je vnější vrstva zvrásněna s drobnými trhlinami (Obr. 10). Poškození je povrchového charakteru, nedochází ke zvýšeným průsakům a není ovlivněn provoz díla. Původní mastix stále plní ochrannou funkci a není tedy nutné provádět jeho obnovu.



Obr. 10 Porušení mastixu na VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]

Porušení mastixu bylo zjištěno také na VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]. Na původním plášti se jednalo pouze o drobné zvrásnění. V případě nového pláště po hlavní rekonstrukci v roce 2007 byl mastix popraskán a docházelo k odlupování. Místy byl ACVT zcela bez ochranné vrstvy (zhruba 11% plochy povrchu pláště). Na původní poškozený mastix byl v červnu 2018 položen nový ochranný nátěr v podobě vápenné moučky obalené asfaltem. V současné době se na VD projevuje stékání ochranného mastixového nátěru, což může být

způsobeno právě pokládkou nového nátěru na původní nebo vysokým obsahem asfaltu ve směsi.

V případě zahraničních VD se porušení mastixu vyskytlo na hrázích Eggberg a Hornberg v Německu [Říha, 2004 a] a na díle Porabka – Zar v Polsku [Szymański, 2004]. Na všech třech vodních dílech bylo rozhodnuto o obnově mastixu.



Obr. 11 Porušení mastixu na VD Porabka-Zar v Polsku [Szymański, 2004]

Sanace:

Oprava mastixu se provádí nanesením nové vrstvy. Z uvedených příkladu výskytu vyplývá, že se spíše provádí opravy v celé ploše pláště. Pokud však mastix vykazuje poruchy jen na některých místech, je možné provést lokální opravu. K provedení nátěru se využívá vozík zavěšený na navijáku (Obr. 12). Vozík je směrově ovladatelný s vyhřívaným zásobníkem, kde je uložen asfaltový mastix. Rovnoměrné rozetření nátěru zajišťuje přítlačná lišta.



Obr. 12 Vozík pro nanášení mastixu, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Vzhledem ke zkušenostem z VD Dlouhé Stráně s pokládkou nového mastixu na starý vystává otázka, zda v případě sanace ponechat nebo odstranit stávající mastix.

4.2.2. Sjíždění po svahu (sliding)

Popis:

Funkci pojiva v asfaltobetonu plní asfalt, jehož viskozita je hodně závislá na teplotě. Proto může za vysokých teplot docházet k pomalému stékání asfaltobetonového pláště. V počáteční fázi se porucha projevuje zvrásněným povrchem AB pláště. Může však docházet i k trhlinám a vyboulením v důsledku posunu.



Obr. 13 Sjíždění AB po svahu [Říha, 2004 b]

Příčiny:

Hlavní příčiny sjíždění AB po svahu jsou vysoká teplota a vysoký obsah asfaltu ve směsi [Říha, 2004 b]. Důležitou roli hraje také napojení jednotlivých vrstev ve skladbě pláště. Zahřívání AB způsobuje sluneční záření, proto je také důležitá orientace návodního svahu ke světovým stranám.

Místa výskytu:

Ke sjíždění po svahu nastává v celé ploše pláště nad úrovní hladiny. Pod hladinou není AB namáhán vysokými teplotami, a tak nedochází ke znatelnému sjíždění.

Možná stádia:

Sjíždění AB pláště po svahu se v určité míře projevuje na každém VD. V pokročilejší fázi je doprovázeno zvrásněním povrchu, vznikem trhlin a vyboulením pláště způsobeným akumulací AB.

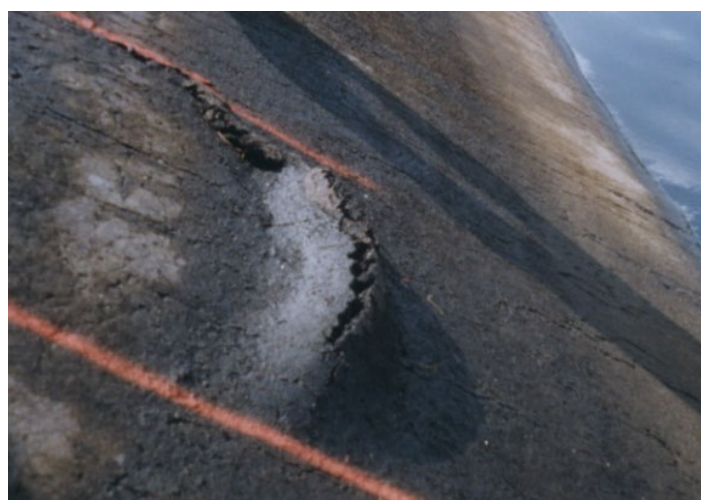
Závažnost:

Zvrásněný AB nepředstavuje jako takový velké ohrožení bezpečnosti díla. V pokročilé fázi může docházet k oddělování jednotlivých vrstev AB, projevuje se odlupování svrchních částí pláště. V úrovni kolísání hladiny dochází k vyboulení pláště, což způsobuje akumulace

stečeného materiálu. Dále může sjíždění po svahu způsobovat svislé i vodorovné trhliny vlivem různých tahových napětí. Z uvedeného vyplývá, že v pokročilé fázi se jedná o závažnou poruchu, která již ovlivňuje těsnicí schopnost pláště.

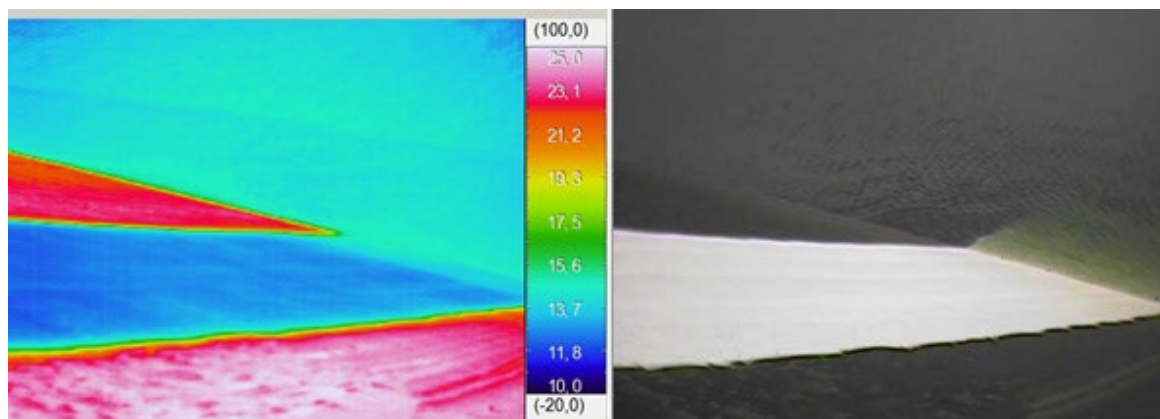
Příklady:

Vzhledem k plastické povaze AB se tento jev vyskytuje v určité míře na každém díle, kde je AB použit jako těsnicí plášť [WORKSHOP, 2019]. Například na VD Stanovice důsledkem posunu AB pláště vznikla trhlina u napojení pláště na betonový vyrovnávací klín (Obr. 41). Také na horní nádrži VD Dlouhé Stráně vznikla u koruny hráze trhlina způsobená sjížděním AB pláště (Obr. 45). Na VD Josefův Důl také vzniklo několik trhlin a puchýřů následkem stékání AB pláště (Obr. 14).



Obr. 14 Následek sjíždění AB po svahu na VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

V souvislosti s omezením tepelného namáhání bylo provedeno několik pokusů s reflexním nátěrem [WORKSHOP, 2019]. Například na PVE Čierný Váh na Slovensku byla v roce 2016 provedena aplikace dvou testovacích reflexních nátěrů, pokus prokázal snížení teploty povrchu pláště ošetřeného reflexním nátěrem oproti neošetřenému povrchu až o 28 °C.



Obr. 15 Teploty na ploše pláště s termoreflexní úpravou a bez [WORKSHOP, 2019]

Sanace:

Sjíždění po svahu se v počátečních fázích nesanuje. Je vhodné mu předejít ideálním obsahem asfaltu ve směsi a správnou zrnitostí kameniva nebo také ochranou pláště před vysokými teplotami. V pokročilejších fázích, kdy dochází k odlupování a vzniku trhlin, se sanují právě takto vzniklé poruchy, jejichž rozbor je uveden v následujících podkapitolách.

4.2.3. Odlupování

Popis:

Vlivem stárnutí a nízkých teplot dochází u asfaltu k úbytku plasticity. Takový asfalt jakožto pojivo v AB křehne a stává se tak náchylným ke strukturálním poruchám. Odlupování se projevuje oddělováním těsnicích a ochranných vrstev AB pláště od podkladních, případně drenážních vrstev. Za těchto okolností může docházet k narušení těsnicího účinku pláště.



Obr. 16 Odlupování pláště, Porabka-Zar [Szymański, 2004]

Příčiny:

Odlupování se může projevit jako důsledek degradace asfaltového mastixu nebo jako pokročilá fáze stékání AB pláště po svahu. V případě odlupování mastixu ztrácí ACVT ochrannou vrstvu, aniž by byla narušena jeho těsnicí funkce. Odlupování může být také zapříčiněno technologickými nedostatky během pokládky pláště, kdy není zajištěno správné napojení jednotlivých vrstev [Říha, 2004 b]. Za takové situace už dochází k odlupování funkčních vrstev např. ACVT od PAV, což způsobuje narušení těsnicí funkce pláště. Další příčinou může být nízký obsah asfaltu ve směsi nebo použití vlhkého kameniva.

Místa výskytu:

Výskyt této poruchy závisí na příčině, může se projevit jak na celé ploše pláště, tak i jako lokální porucha.

Možná stádia:

Odlupování se vyskytuje jako pokročilejší fáze vyboulení pláště, trhlin a puchýřů. Počáteční fáze poruchy je spíše lokální, postupem času však dochází ke zvětšování odlupované plochy.

Závažnost:

Vzhledem k tomu, že tato porucha oslabuje AB vrstvy a snižuje odolnost proti stárnutí, jedná se v pokročilých fázích o velmi závažnou poruchu [Říha, 2004 b]. Následkem odlupování těsnicí vrstvy pláště může docházet ke zvýšeným průsakům. V případě odlupování mastixu je obnažena těsnicí vrstva, která je tak vystavena UV záření a klimatickým podmínkám. Tím je zapříčiněna rychlejší degradace ACVT a vznik dalších poruch.

Příklady:

Odlupování se projevilo na boční hrázi VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]. I přes to, že zde došlo k oddělení přidané těsnicí vrstvy (Obr. 17), plášť nadále plnil svoji funkci.



Obr. 17 Odlupování na boční hrázi VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

Ze zahraničních děl se odlupování vyskytlo na VD Porabka-Zar v Polsku [Szymański, 2004].

Sanace:

Na hrázi VD Josefův Důl byla k sanaci použita bitumenová geomembrána systému COLETANCHE [WORKSHOP, 2019]. Sanace proběhla v roce 2015 a pro opravu bylo vybráno testovací pole o velikosti (10 x 10) m. Oprava nebyla moc úspěšná, jelikož se zvlínil povrch geomembrány a došlo k vyboulení pláště v důsledku průniku vody pod novou vrstvou (Obr. 18).



Obr. 18 Zvlínění nové těsnicí vrstvy VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

4.2.4. Puchýře (blisters, Blasen)

Popis:

Puchýř je porucha, která se objevuje u vícevrstevných pláštů [The Shell Bitumen, 1999]. Vždy se projevuje jako vyboulení pod povrchovou těsnicí vrstvou (Obr. 19), které způsobí tlak páry. Vznik této poruchy značí narušení spojení jednotlivých vrstev.



Obr. 19 Puchýř na VD Porabka-Zar v Polsku [Szymański, 2004]

Příčiny:

Hlavní příčinou těchto puchýřů bývá nedokonalé spojení jednotlivých vrstev vícevrstevných pláštů [The Shell Bitumen, 1999]. Do prostoru mezi vrstvami pak přes póry v plášti vnikne voda, která se vlivem vysokých teplot odpaří. Vzniklá pára působí tlakem na vrstvy pláště, kdy povrchová vrstva je za vysokých teplot plastická a dochází k vyboulení.

Místa výskytu:

Puchýře jsou bodová porucha, která vzniká mezi dvěma nepropustnými vrstvami. Projevují se kdekoli v ploše pláště, kde dochází ke kolísání hladin. V těchto místech je umožněn vznik vodní páry, která pak zdeformuje rozehřátý plášť.

Možná stádia:

Puchýře mezi vrstvami se z počátku projevují jako malé nerovnosti v plášti. Postupem času rostou a mohou se objevovat i trhliny. V poslední fázi dochází k odlupování vrchní vrstvy AB pláště.

Závažnost:

Pokud se puchýře vyskytují ojediněle a nejsou popraskány, nejedná se o závažnou poruchu. Jakmile začínají praskat a stupňuje se jejich výskyt, může docházet ke zvýšení průsaků a hrozí vyplavování materiálu [Říha, 2004 b]. Mohou tak vznikat kaverny a propady v plášti, které již ohrožují bezpečnost díla.

Příklady:

V případě VD Josefův Důl způsobilo výskyt puchýřů zatékání pod přidanou těsnicí vrstvu [WORKSHOP, 2019]. Vlivem puchýřů byla poškozena pouze tato přidaná vrstva, která se posléze začala odlupovat.



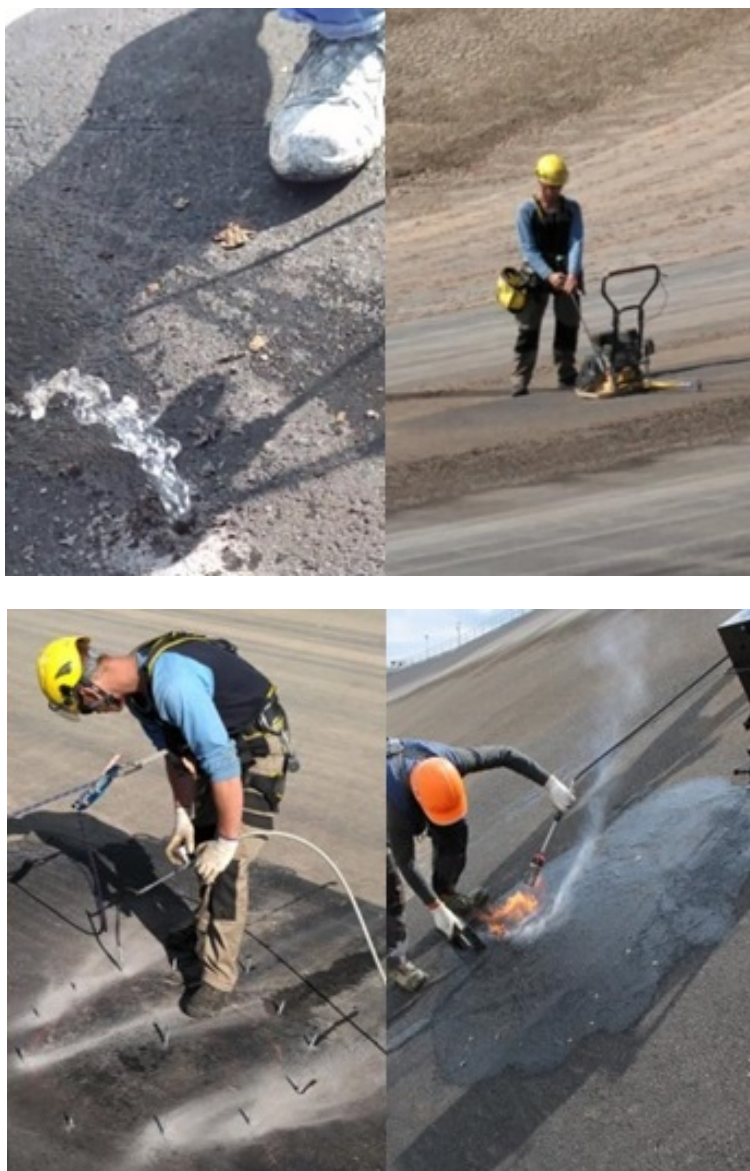
Obr. 20

Puchýř, VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

V případě zahraničních děl byly puchýře zaznamenány například na vodních dílech Čierný Váh na Slovensku, Ulmbach v Německu a Porabka-Zar v Polsku [Říha, 2004 a].

Sanace:

Pokud se jedná o vyboulení bez trhlin, sanace probíhá obdobně jako v případě VD Čierný Váh [WORKSHOP, 2019], kde je v průběhu opravy této poruchy nejprve vyvrtán otvor do puchýře, aby byla odstraněna voda pod pláštěm. Poté je vzniklá dutina vyčištěna a vysušena. Puchýř na povrchu je zahřát a zažehlen a následně je zainjektován prostor mezi podkladní a těsnicí vrstvou. Po zatvrdnutí injektážní směsi je povrch pláště kolem poruchy nahřát a opatřen spojovací vrstvou z modifikovaného asfaltu.



Obr. 21 Postup sanace na VD Čierný Váh (zleva: provrtání, zažehlení, injektáž a spojovací vrstva) [WORKSHOP, 2019]

Pokud je porucha již v pokročilejším stádiu s trhlinami, není možné nerovnost zažehlit. V takovém případě je nutné provést lokální opravu těsnicí vrstvy pláště. Ta probíhá tak, že se těsnicí vrstva v okolí poruchy vyřízne, vzniklý výřez se očistí a vysuší, nahřeje se, napenetruje a vyplní novou asfaltovou směsí, která se následně zhutní. Poté se na místo výřezu nanese nová ochranná vrstva v podobě asfaltového mastixu.

4.2.5. Vyboulení pláště

Popis:

Tato porucha se projevuje vyboulením pláště (Obr. 22) v důsledku zateklé vody pod těsnicí vrstvu. Nastává pouze při snížení hladiny v nádrži, kdy voda pod těsnicí vrstvou nemá kudy odtéct, a tak svojí akumulací způsobí vyboulení.



Obr. 22 Vyboulení původní přidané těsnicí vrstvy, VD Josefův Důl [WORKSJOP, 2019]

Příčiny a místa výskytu:

Po snížení hladiny v nádrži dojde k odlehčení pláště a voda, která zatekla pod těsnicí vrstvu, vytvoří vyboulení. Voda pod těsnicí plášť prosákne přes póry v plášti a vzhledem k nedokonalému napojení jednotlivých vrstev pláště a ke špatné drenážní schopnosti následující vrstvy se začne pod těsnicí vrstvou akumulovat. Nedokonalé napojení vrstev může být způsobeno nekázní při pokládce AB, zatímco špatné drenážní schopnosti jsou způsobeny zanesením drenážní vrstvy jemným materiálem. K vyboulení může dojít i v případě, kdy se těsnicí vrstva skládá ze dvou na sebe navazujících a nedokonale napojených vrstev.

Možná stadia:

Vyboulení pláště nastává náhle po snížení hladiny v nádrži, bez předem rozeznatelných projevů. To neznamenaá že i vývoj této poruchy je náhlý. Voda způsobující vyboulení prosakuje do pláště postupně a jelikož po snížení hladiny nemá kudy odtéct, způsobí vyboulení.

Závažnost:

Vyboulení pláště signalizuje zatékání vody pod těsnicí vrstvu a zároveň problémy s odvodem této vody drenážní vrstvou. Vlivem vyboulení může docházet k trhlinám a tím ke zvýšeným průsakům.

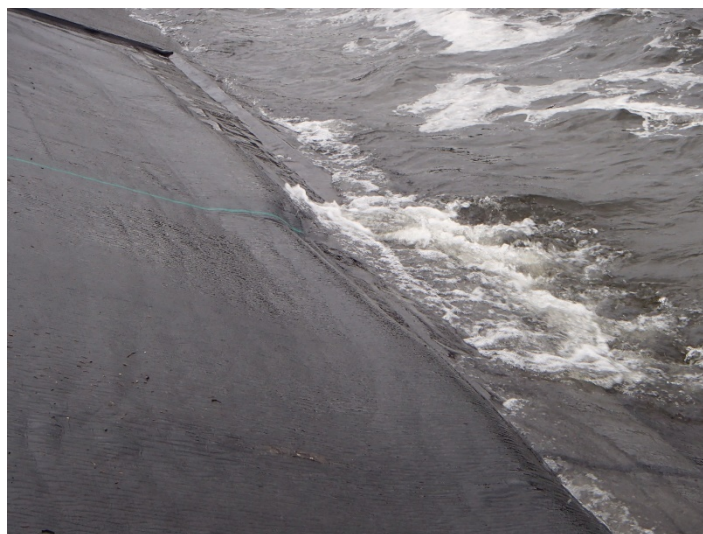
Příklady:

Vyboulení vlivem prosáklé vody se objevilo na VD Morávka [Povodí Odry, 1996].



Obr. 23 Vyboulení pláště, VD Morávka [Povodí Odry, 1996]

Vyboulení se projevilo i na VD Josefův Důl, zateklá voda způsobila vyboulení přidané těsnicí vrstvy [WORKSHOP, 2019]. Vzhledem k výskytu dalších poruch, jako jsou trhliny a následně i odlupování, byla provedena oprava přidané těsnicí vrstvy. Porucha se však projevila i po opravě, kdy se pod novou bitumenovou geomembránu dostala voda, která při snížení hladiny způsobila vyboulení pláště.



Obr. 24 Vyboulení bitumenové geomembrány, VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

Sanace:

Během sanace je nutné zjistit důvod nefunkčnosti drenážní vrstvy. Pokud je tato vrstva zanesena drobným materiálem, musí být vyřešena příčina tohoto zanášení. Oprava spočívá ve výměně AB v postižené ploše pláště v celé své mocnosti.

4.2.6. Krátery (blisters, Pusteln)

Popis:

Tato porucha může být také nazývána sopoušky, nebo puchýře v jedné vrstvě. Projevuje se právě jako malé krátery prostupující do hloubky pláště (Obr. 25). Dochází tak k průnikům vody do spodních vrstev pláště a vlivem zmrazovacích cyklů k dalšímu zvětšování poruchy.



Obr. 25 *Kráterek, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]*

Příčiny:

Vznik kráterků způsobuje celá řada nepříznivých faktorů a jejich kombinace. Důležitými faktory jsou použité materiály, skladba pláště, technologie pokládky a tepelné namáhání pláště. Dodnes však není jednoznačně známa hlavní příčina této poruchy.

Dle [The Shell Bitumen, 1999] je významnou příčinou vzniku použití nevhodného kameniva, které podléhá degradačním procesům, nebo kameniva s vysokou pórovitostí. Právě toto kamenivo nasákne vodu, která se po zahřátí povrchu při snížení hladiny odpařuje. Důležitou roli hrají také zmrazovací cykly, při kterých se dutina v plášti zvětšuje a prohlubuje.

Důležitou roli při vzniku kráterků zastává i tepelné namáhání AB. V létě je plášť nad hladinou zahříván na vysoké teploty (přes 50 °C) a během zvýšení hladiny rychle zchlazen [WORKSHOP, 2019]. I v zimním období je za jasného počasí teplota pláště daleko vyšší (kolem 10 °C) než je okolní teplota. Během zvýšení hladiny do kráterku vnikne voda, která při

opětovném snížení hladiny zamrzá a způsobuje rozšíření kráterku. Pod úrovní stálé vodní hladiny se tento druh poruchy nevyskytuje, jelikož plášť je zde ve stabilním teplotním prostředí.

Vzhledem k tepelnému namáhání pláště byl na VD Dlouhé Stráně testován reflexní nátěr (Obr. 26), který skutečně snižoval teplotu povrchu [WORKSHOP, 2019]. Nicméně k tvorbě kráterků docházelo i na místech ošetřených tímto nátěrem, příčinou by mohlo být nanesení nátěru na již vznikající puchýře. Orientace ke světovým stranám nemá na tvorbu poruch vliv, je však zajímavé, že v obloucích se vyskytuje mnohem méně poruch než na rovných úsecích.



Obr. 26 Testování reflexního nátěru, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Místa výskytu:

Kráterky se mohou objevit jako lokální i plošná porucha. Vyskytují v místech, kde dochází ke kolísání hladiny. AB plášť je zde totiž extrémně namáhán teplotními změnami. K tvorbě kráterků dochází v zimním období, jedná se tak o sezónní poruchu.

Možná stádia:

V prvotní fázi, kdy dochází k narušování kameniva v těsnicí vrstvě se porucha projevuje jako malé hrbolky na plášti. Postupem času se v plášti vytvoří malá dutina, která se dále zvětšuje směrem dovnitř (Obr. 27). V další fázi se na hrbolku začnou objevovat trhliny a dojde k otevření kráterku. Vlivem zmrazovacích cyklů se kráterek zvětšuje a prostupuje ještě hlouběji do pláště.

Závažnost:

Kráterky se v počáteční fázi projevují pouze v těsnicí vrstvě, nezpůsobují tak zvýšené průsaky a neohrožují provoz díla. Následkem zmrazovacích cyklů dochází k jejich prohlubování, což umožní průnik vody do spodních vrstev a je tak narušena těsnicí schopnost pláště. Může tak docházet ke zvýšeným průsakům [Říha, 2004 b]. V pokročilejších fázích

dochází i k vyplavování materiálu z tělesa hráze. V extrémních případech tyto okolnosti vedou ke vzniku prosedlin a následných propadů. Lze tedy konstatovat, že v konečné fázi tato porucha ohrožuje bezpečnost díla.



Obr. 27 Řez poruchou, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Příklady:

Ve velkém rozsahu se tato porucha objevila pouze na horní nádrži VD Dlouhé Stráně a na polských vodních dílech Porabka-Zar a Zarnowiec [Šíma, 2011].

Kráterky se u nás objevují pouze na VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]. Do roku 2007 byly opraveny desítky tisíc poruch, jako příčina bylo stanoveno nevhodné kamenivo podléhající degradaci. Nejen z tohoto důvodu bylo přistoupeno k celkové rekonstrukci AB pláště. Poruchy se však v roce 2011 začaly vyskytovat znovu (Obr. 28), do roku 2018 jich bylo opraveno přes 40 000.



Obr. 28 Kráterky, VD Dlouhé Stráně po rekonstrukci v roce 2007 [WORKSHOP, 2019]

Podle [Szymański, 2004] se na VD Porabka-Zar v Polsku kráterky začínají objevovat již po dvou letech provozu. Mají průměr (5-8) cm a dosahují hloubky až 6 cm, přičemž mocnost těsnicí vrstvy je 7 cm. Počet výskytů se ročně pohyboval od 3 tisíc až do 20 tisíc v závislosti na teplotě. Vzhledem k narůstajícímu počtu poruch bylo po dvanácti letech provozu přistoupeno k celkové rekonstrukci těsnicí vrstvy.

Poruchy se však objevují i po rekonstrukci, každoročně bylo sanováno kolem tisíce poruch. Jako příčina je uváděno použití nevhodného dolomitického kameniva [Šima, 2011].



Obr. 29 *Kráterky na VD Porabka-Zar [Szymański, 2004]*

Kráterky se ve velké míře objevují také na VD Zarnowiec v Polsku [Szymański, 2004].

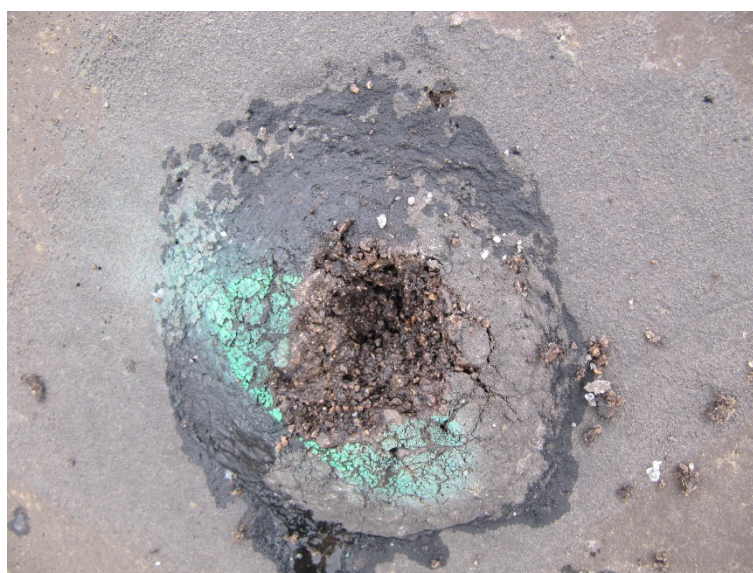
Sanace:

Od roku 1983 byly na VD Porabka-Zar prováděny nouzové opravy, kdy byly nejprve zatlačeny výstupky kráterku, poté byla porucha vyčištěna, osušena a vyplněna horkou asfaltovou směsí [Szling, Szymański, 1991]. Na sanaci se použilo i mnoho dalších metod, například odfrézování části povrchu a následné nanesení vrstvy litého asfaltu v mocnosti 15 mm. Všechny tyto metody byly neúčinné [Szymański, 2004].

V případě VD Dlouhé Stráně se porucha nejprve opravovala sypkou asfaltovou směsí [WORKSHOP, 2019]. Místo porušení bylo odvrtno a vzniklý otvor se vyplnil sypkou asfaltovou směsí, která se následně ztuhlila (Obr. 30). Tato metoda se neosvědčila, jelikož se asfaltová směs vyboulila (Obr. 31).



Obr. 30 Sanace poruchy sypkou asfaltovou směsí, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]



Obr. 31 Vyboulení sypké asfaltové směsi, VD Dlouhé Stráně [Říha, soukromý fotoarchiv]

Byly prováděny také pokusy, kdy byl vývrt vyplněn speciální torkretovací směsí (Obr. 32). Tato metoda se také neosvědčila, jelikož nebylo zajištěno dostatečné propojení výplně s těsnicí vrstvou pláště.



Obr. 32 Sanace torkretovací směsí, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Vzhledem ke zvyšujícímu se počtu poruch bylo v roce 2007 přistoupeno k celkové rekonstrukci pláště. Ta spočívala ve výměně těsnicí vrstvy, kdy stávající byla nejprve odfrézována. Odfrézovaný povrch byl vyspraven a začištěn. Poté byla položena nová těsnicí vrstva v mocnosti 80 mm, která byla opatřena ochrannou vrstvou v podobě mastixu.

V roce 2011 byl však opět zaznamenán výskyt kráterků. Tentokrát průběh opravy spočívá v odsekání místa poruchy tak, že jsou hrany otvoru zešikmené. Vzniklý otvor je pak očištěn a napetrován. Vyplní se horkým AB a postupně se hutní vibračním pěchem (Obr. 33). Na konec je povrch opatřen novou ochrannou vrstvou v podobě mastixu.

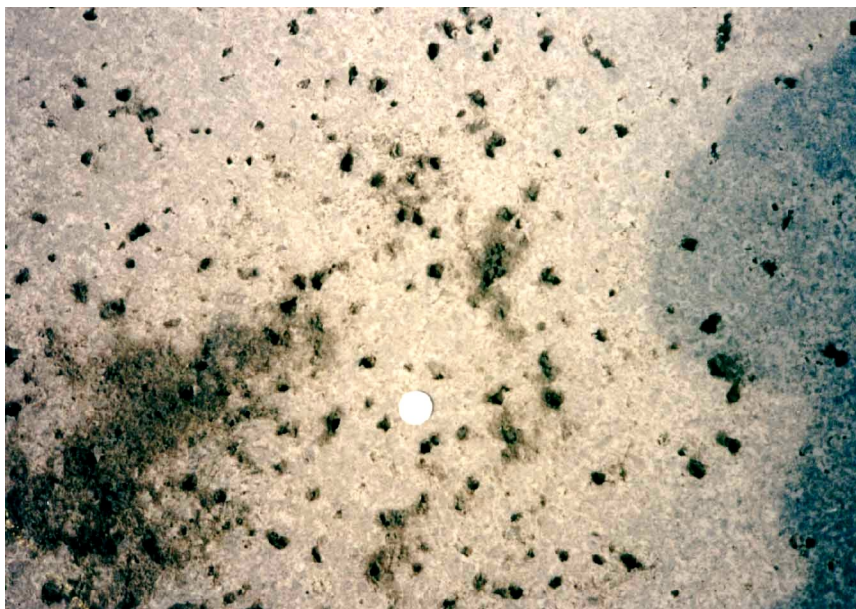


Obr. 33 Průběh sanace, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

4.2.7. Neštovice

Popis:

Pod pojmem neštovice se označuje porucha v podobě narušení povrchu AB pláště v důsledku vypadávání kameniva (Obr. 34). Porucha vzniká v případě, kdy povrch AB pláště není chráněn ochrannou vrstvou.



Obr. 34 Neštovice, VD Porabka-Zar [Szymański, 2004]

Příčiny:

Porucha se projevuje vypadáváním kameniva z AB pláště. Vypadávání kameniva je způsobeno celou řadou příčin, zejména degradací AB, použitím kameniva s nízkou přilnavostí k asfaltu, dále nedodržením technologického postupu v podobě teploty pokládané směsi, nedostatečným zhutněním a nedodržením tloušťky vrstev [Říha, 2004 b].

Místa výskytu:

Neštovice vznikají v místech, kde je oslabená nebo chybějící ochranná vrstva v podobě asfaltového mastixu. Mastix je poškozován nad vodní hladinou a v místech kolísání hladin.

Možná stádia:

Neštovice se projevují jako následek degradace mastixu. Zpočátku se vyskytují jako jednotlivá bodová porušení. V dalších fázích se rozšiřují a stoupá počet výskytu jednotlivých neštovic, z bobové poruchy se tak stává plošná porucha.

Závažnost:

Porucha se v počátečních fázích projevuje pouze v těsnicí vrstvě, nezvyšuje tak průsaky a neovlivňuje provoz díla. V dalších fázích dochází k četnějším výskytům a vlivem zmrazovacích cyklů k rozšiřování a prohlubování neštovic. V takovém případě porucha zasahuje do dalších vrstev ve skladbě pláště a může způsobovat zvýšené průsaky, v extrémních případech dochází k vyplavování materiálu a vzniku prosedlin [Říha, 2004 b].

Příklady a sanace:

Výskyt neštovic byl zaznamenán na VD Porabka-Zar v Polsku, jelikož zde došlo i k výskytu dalších poruch, proběhla celková sanace AB pláště [Szymański, 2004], která je blíže popsána v kapitole 4.2.8.

Neštovice se objevily i na VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]. Výskyt byl způsoben úbytkem ochranného nátěru v celé své mocnosti na 11% plochy. V červnu 2018 tak došlo k nanesení nové vrstvy asfaltového mastixu viz. kapitola 4.2.1.



Obr. 35 Neštovice, VD Dlouhé Stráně [Říha, soukromý fotoarchiv]

V počátečních fázích, kdy se neštovice vyskytují ojediněle a projevují se pouze v těsnicí vrstvě, není nutné je neprodleně sanovat. Pokud se stupňuje jejich výskyt, volí se sanace formou plošné opravy pláště, kdy se stará a poškozená těsnicí vrstva nahradí novou vrstvou. Je vhodné jejich výskytu předcházet údržbou a včasnou opravou ochranné vrstvy.

4.2.8. Trhliny (cracks, Risse)

Popis:

Trhlina se projevuje jako strukturální narušení AB pláště (Obr. 36), kde převládající rozměr je délka. Mohou vznikat jak v podélném, tak i v příčném směru vzhledem k tělesu hráze. Šířka trhlin se pohybuje od několika milimetrů až po desítky centimetrů, délka může mnohdy

dosáhnout až desítek metrů. Trhlina se objevuje nejen v úrovni těsnicí vrstvy, mnohdy prostupuje celou skladbou pláště, tedy dosahuje až k podkladním vrstvám.



Obr. 36 Trhlina na VD Porabka-Zar [Szymański, 2004]

Příčiny a místa výskytu:

Příčiny trhlin jsou většinou ovlivněné daným místem výskytu. Projevují se zejména v místě změny materiálu a tvaru hráze, podél napojení na korunu hráze, podél napojení funkčních objektů a v napojení nového AB pláště na stávající, případně také v pracovních spárách [Říha, 2004 b]. Dále se mohou vyskytovat důsledkem rozdílných rychlostí sjíždění pláště a jako počáteční fáze odlupování. Doprovázejí také pokročilejší fáze puchýřů a kráterků. Ke vzniku trhlin dochází i v pokročilé fázi prosednutí, tedy jako počáteční fáze prolomení pláště, kdy právě trhlina přispívá k rychlejšímu vymývání materiálu z tělesa hráze. Trhliny jsou dále způsobovány klimatickými podmínkami, například na VD Čierný Váh byly trhliny způsobeny křehnutím AB za nízkých teplot a posunem ledových ker po AB plášti [WORKSHOP, 2019].

Mohou být mimo jiné způsobeny nedodržением kvality prací při pokládce, zejména nedodržení teploty AB směsi, špatné přilnutí jednotlivých vrstev pláště a použití nevhodného kameniva z hlediska mrazuvzdornosti [Říha, 2004 a].

V místě změny materiálu a tvaru hráze (Obr. 46) se trhlina vytvoří v důsledku rozdílného sedání materiálů tělesa hráze [Říha, 2004 b]. V těchto místech se tvoří podélné trhliny.

Podél napojení na korunu hráze vzniká podélná trhlina (Obr. 45) jako následek vysokých tahových napětí, způsobených sjížděním AB pláště po svahu [Říha, 2004 b]. Trhlina vzniká také v případě, kdy je AB plášť napojen na korunu hráze z jiného materiálu. Za těchto okolností je pak příčinou nejen stékání pláště po svahu, ale i rozdílná teplotní roztažnost materiálů.

Podél funkčních objektů vzniká trhlina na rozhraní mezi objektem a pláštěm (Obr. 41, Obr. 47). Příčinou vzniku je rovněž vysoké tahové napětí, které může být způsobeno rozdílným sedáním funkčního objektu a tělesa hráze nebo rozdílnou teplotní roztažností materiálů [Říha, 2004 b].

Napojení na stávající AB plášť představuje rovněž rizikové místo pro vznik trhlin. Ty způsobuje právě špatné provedení napojení stávajících a nových vrstev pláště [Říha, 2004 b]. Pokud není dodržena technologická kázeň, zejména správné nahřátí spoje po přerušení pokládky, mohou trhliny vznikat i v místech **pracovních spár** (Obr. 40).

Vlivem stékání po svahu dochází také ke vzniku trhlin. Pokud plášť nerovnoměrně sjíždí, vyskytují se trhliny na rozhraní ploch s rozdílnými rychlostmi sjíždění.

Možná stádia:

Trhliny se projevují jako pokročilý vývojový stupeň ostatních poruch nebo jsou těmito poruchami způsobeny. Výskyt samostatné trhliny je však také možný, zejména pokud se tak stane v místě změny tvaru hráze, změny materiálu hráze nebo v napojení na funkční objekty. Vývoj trhliny je spojen s její šířkou a hloubkou. Postupem času dochází k jejímu rozšiřování a prohlubování do dalších vrstev.

Závažnost:

Pokud se trhliny projevují pouze v úrovni těsnicí vrstvy (Obr. 37), nemají zásadní vliv na těsnicí funkci pláště. Vlivem působení tahových napětí a zmrazovacích cyklů však dochází k rozšiřování a prohlubování trhliny, do které se pak dostanou usazeniny a dochází k růstu mechu a drobné vegetace (Obr. 38), což dále trhlínu rozšiřuje. Trhlina zasahující do dalších vrstev pláště již způsobuje zvýšení průsaků. Může také docházet k vymývání materiálu z tělesa hráze a tvorbě prosednutí, které se může rozvinout až k propadům pláště.



Obr. 37 Řez trhlinou, vlevo: trhlina zasahující pouze do těsnicí vrstvy, vpravo: trhlina prostupující i drenážní vrstvou, VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]



Obr. 38 Zarůstání trhliny vegetací [Tschernutter, 2014]

Příklady a sanace:

Obecně lze trhliny sanovat vyplněním novou AB směsí. Trhlina se nejdříve začistí a odstraní se případné oddělitelné části okraje trhliny. Poté se natře asfaltovou emulzí, nahřeje se a vyplní horkou AB směsí, která je následně zhutněna. V případě větších trhlin, trhlín zasahujících do dalších vrstev, nebo trhlin opakovaně se vyskytujících je možné provést plošnou opravu. Během této opravy je poškozený AB odfrézován a nahrazen novou vrstvou. Odfrézovaná plocha je očištěna, napenetrována, zahřáta a vyplněna novou AB směsí, která je následně zhutněna. Nový povrch je pak opatřen ochrannou vrstvou. Pokud je vzniklá trhlina menších rozměrů a nezasahuje do dalších vrstev, je možné ji opravit přepásáním [The Shell Bitumen, 1999]. Tato metoda využívá asfaltové membrány (Obr. 39 levý), která se po nahřátí pokládá na povrch pláště. Další metodou, kterou [The Shell Bitumen, 1999] uvádí, je použití speciální asfaltové emulze a geomříže. Místo vzniku trhliny je nejprve natřeno emulzí, poté se přiloží geomříž a znovu se přetře emulzí (Obr. 39 pravý).



Obr. 39 Vpravo: pokládka asfaltové membrány, vlevo: pokládka geomříže [The Shell Bitumen, 1999]

Na VD Stanovice byl zaznamenán výskyt trhlin v souvislosti s nevhodně provedenými pracovními spárami [WORKSHOP, 2019]. Jedná se o svislé trhliny.



Obr. 40 Trhlina v místě pracovní spáry, VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]

Dále na tomto díle došlo k výskytu trhliny v napojení AB pláště na betonový vyrovnávací klín u bezpečnostního přelivu (Obr. 41). Trhlina vznikla rozdílnou rychlostí posunu AB pláště po svahu. V blízkosti napojení na betonový klín se totiž AB plášť posunuje pomaleji než ve zbytku plochy. V případě této trhliny bylo přistoupeno k opravě.



Obr. 41 Trhlina v napojení AB pláště na betonový klín, VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]

Oprava spočívala v odbourání celé plochy betonového klínu do hloubky 0,1 m, betonáži nového povrchu a pokládce geokompozitní PVC-P folie [WORKSHOP, 2019]. Spojení folie

s AB těsněním bylo provedeno lepením do drážky v kombinaci s nerezovou lištou. Byl také zhotoven dren v podobě průvrtu do injekční chodby.



Obr. 42 Vlevo: průběh sanace trhliny, vpravo: výsledné provedení [WORKSHOP, 2019]

Výskyt trhlin byl taktéž zaznamenán na boční hrázi VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]. Na tomto díle je vznik trhlin způsoben zatékáním pod přidanou těsnicí vrstvou. Trhliny rovněž doprovází vyboulení pláště a dále způsobují odlupování přidané těsnicí vrstvy. Veškeré poruchy se však vyskytují pouze v přidané těsnicí vrstvě a neohrožují další vrstvu pláště.



Obr. 43 Trhlina na VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

V prvním kroku sanace bylo místo poruchy očištěno, následně napenetrováno a poté zaplněno asfaltovou směsí (Obr. 44).



Obr. 44 Průběh sanace trhlin na VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]

Výskyt trhlin byl zaznamenán i na horní nádrži VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]. Jednalo se o trhlinu v místě napojení na korunu hráze (Obr. 45), v místě změny materiálu hráze (Obr. 46) a v místě napojení na vtokový objekt (Obr. 47). Trhlina v napojení na korunu hráze byla způsobena sjížděním AB pláště po svahu. Její sanace spočívala v částečném vyplnění betonovou směsí, na kterou byl položen asfaltobeton.



Obr. 45 Trhlina u koruny hráze a její sanace, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Trhlina v ploše pláště byla způsobena rozdílným sedáním materiálů hráze. Vznikla v místě, kde bylo rozhraní mezi původním terénem a násypem hráze.



Obr. 46 Trhlina v ploše pláště, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Na horní nádrži se vyskytly rovněž problémy s těsností spáry mezi betonovým vtokovým objektem a asfaltobetonovým těsněním na dně nádrže [WORKSHOP, 2019]. Během rekonstrukce byl AB plášť odbourán podél objektu v celé své mocnosti v šířce tří metrů a bylo položeno nové drenážní potrubí. Potrubí se obandážovalo filtrační tkaninou a uložilo na nepropustné betonové lože. Zасыпáno bylo mezerovitým betonem, na kterém se zhotovil AB těsnicí klín. Na tento klín byl pak položen měděný těsnicí plech s prolisem umožňujícím dilataci (Obr. 48). Uchycení měděného plechu k betonovému objektu bylo provedeno přitlačnou nerezovou lištou na chemické kotvě. Na závěr byl položen asfaltobeton ve vrstvách do 50 mm. Styk starého a nového AB byl proveden se zazuběním jednotlivých vrstev.



Obr. 47 Vtokový objekt VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]



*Obr. 48 Uložení drenážního potrubí; těsnicí měděný plech VD Dlouhé Stráně
[WORKSHOP, 2019]*

Bylo provedeno také dotěsnění použitím PVC folie v místě napojení AB na betonová zavazovací křídla vtokového objektu a u dilatačních spár zavazovacího křídla. PVC folie byla do betonu zakotvena přes nerezové lišty, do AB se kotvila epoxidovým lepidlem (Obr. 49). Od dotěsnění styku AB s betonem se však z důvodu použití nevhodného lepidla ustoupilo.



Obr. 49 Kotvení PVC fólie do betonu a AB, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Vznik trhlin se nevyhnul ani dolní nádrži VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]. Zde došlo k výskytu trhlin po dvouměsíční odstávce horní nádrže, kdy byla úroveň hladiny v dolní nádrži na maximu. Sanace se provedla studenou AB směsí, tato oprava však přes zimu nevydržela (Obr. 50).



Obr. 50 Sanovaná trhlina po první zimě, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Byla tak provedena další lokální sanace, tentokrát teplou AB směsí s použitím technologického postupu v případě sanace kráterků na horní nádrži. Trhlina byla očištěna, napenetrována, vyplněna teplou AB směsí, která se následně zhutnila a na závěr opatřila ochranným nátěrem.



Obr. 51 Postup sanace trhliny, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Tento postup se však také neosvědčil, a tak se muselo přistoupit k plošné opravě. Bylo odfrézováno 60 m² v hloubce 22 cm (Obr. 52), zároveň se provedlo zazubení pracovních spár na styku nového a starého AB [WORKSHOP, 2019]. Vzniklý otvor byl očištěn, napenetrován a vyplněn AB směsí ze stranového finišeru (Obr. 53). Po pokládce byl AB zhutněn válcem a opatřen ochranným nátěrem.



Obr. 52 Vyfrézovaný otvor, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]



Obr. 53 Průběh pokládky AB, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Na dolní hrázi rovněž proběhla sanace spár v zavázání [WORKSHOP, 2019]. Vzniklá trhlina byla nejprve začištěna odsekáním okrajů trhliny, dále vyplněna AB směsí, která se následně zhutnila. Na závěr se nanese ochranný nátěr (Obr. 54).



Obr. 54 Průběh sanace trhliny v zavázání, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]

Ze zahraničních děl se trhliny objevily například na VD Čierný Váh na Slovensku [WORKSHOP, 2019]. V zimě roku 1985 se zde vyskytly dvě vertikální trhliny o délce 30 a 35 m. V zimě byla provedena pouze provizorní oprava pro snížení průsaků. Odfrézování AB a jeho nahrazení proběhlo až v létě při odstávce. Koncem 90. let docházelo k výskytům trhlin (Obr. 55) rovněž v zimním období. Vzhledem ke zvyšujícímu se počtu poruch byla v roce 2001 provedena generální oprava. Původní AB byl odfrézován do hloubky 80 mm, na vyfrézovaném povrchu byly opraveny trhliny v plášti a nanest se spojovací postřík z asfaltové modifikované emulze. Následně byl položen nový modifikovaný AB v mocnosti 80 mm. Modifikace AB spočívala v lepší mrazuvzdornosti. Nový povrch pláště se pak opatřil ochrannou v podobě nástřiku modifikovaných hmot na bázi asfaltu, který se provedl speciálním postřikovačem.



Obr. 55 Trhliny na VD Čierný Váh [WORKSHOP, 2019]

VD Porabka-Zar se začalo potýkat s trhlinami po dvanácti letech provozu [Szymański, 2004]. Trhliny prostupovaly celou skladbou pláště a způsobovaly zvýšené průsaky. Tato skutečnost, spolu se zvyšujícím se počtem výskytu puchýřů, rozhodla o provedení celkové rekonstrukce těsnicího pláště.



Obr. 56 Trhlina na VD Porabka-Zar [Szymański, 2004]

Rekonstrukce probíhala v roce 1995 a spočívala v odfrézování starého AB do hloubky 70 mm, očištěním vyfrézovaného povrchu, nanesením spojovací emulze a pokládkou nové těsnicí vrstvy AB v mocnosti 80 mm [Szymański, 2004]. Nový povrch byl následně opatřen ochranným postříkem.

Z dalších zahraničních děl byly trhliny sanovány například na VD Gross See v Rakousku, poruchy se zde vyskytovaly především na styku pláště se zavazujícím bločkem těsníc stěny a v místech, kde byl AB pokládán ručně [Říha, 2004 a]. Byla tak provedena celková rekonstrukce těsnicí vrstvy v tloušťce 70 mm.

Na VD Markersbach v Německu byl také zaznamenán výskyt trhlín, které byly sanovány formou dílčích oprav s využitím různých směsí AB [Říha, 2004 a]. Tento způsob se moc neosvědčil, a tak bylo rozhodnuto provést celkovou rekonstrukci horní i dolní nádrže v podobě odfrézování a nahrazení těsnicí vrstvy pláště v tloušťce 80 mm.

Také ve Velké Británii na VD Windscar se objevily trhliny [Říha, 2004 a]. V tomto případě se jednalo o menší poruchy. Hlavním důvodem celkové rekonstrukce bylo stárí AB těsnění, které se blížilo životností 30 let. Během rekonstrukce se AB těsnění nahradilo geomembránou.

4.2.9. Prosednutí (depression)

Popis:

Prosednutí se v prvotní fázi projevuje jako nerovnost povrchu pláště (Obr. 57). Vzniklé prohlubně mohou nabývat různých rozměrů. V pokročilých fázích dochází ke vzniku trhlin, které přispívají k rychlejšímu vymývání materiálu pod pláštěm. Posledním stádiem této poruchy je prolomení pláště, který tak ztrácí svoji těsnicí funkci.



Obr. 57 *Prosednutí pláště, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]*

Příčiny a místa výskytu:

Prosednutí se objevuje v místech, kde došlo nebo dochází k úbytku materiálu pod AB pláštěm. Tento úbytek způsobuje prosakující voda, která odnáší z tělesa hráze drobný materiál. Prosedlina tak může vzniknout v místě trhliny, nebo tam, kde dříve trhlina bývala a nebyla dostatečně sanována [Říha, 2004 b]. Po napuštění nádrže dojde vlivem tlaku vody k zatížení nevyplněné dutiny pod pláštěm a vznikne tak prosednutí.

Možná stádia:

Prosednutí vzniká vlivem postupného odplavování materiálu pod pláštěm. Pokud k odplavování materiálu dochází vlivem trhliny v plášti, je prosedlina dalším vývojovým stupněm této trhliny. S ubývajícím materiálem se trhlina zvětšuje a dochází tak k ještě rychlejšímu úbytku materiálu. V další fázi dochází k postupnému zvětšování propadliny (Obr. 60). Poslední a fatální fází této poruchy je prolomení pláště (Obr. 58). Ovšem pokud je úbytek materiálu způsoben například průsakem vody do tělesa hráze z břehových závázání, jako tomu bylo na VD Morávka, trhlina se projeví až jako důsledek zvětšujícího se prosednutí.

Závažnost:

Prosednutí v plášti v počáteční fázi nemusí způsobovat zhoršení těsnicí schopnosti AB pláště. Pokud by však tato porucha nebyla sanována, mohou se začít objevovat trhliny, přes které pak prosakující voda odplavuje další materiál a dochází tak ke zvětšení prosedliny. V extrémních případech tak může dojít i k celkovému prolomení pláště, což už představuje velké narušení těsnicí schopnosti pláště. Lze tedy konstatovat že prosedlina je závažná porucha, která má vliv na těsnost AB pláště a ve svém posledním stádiu ohrožuje bezpečnost díla.

Příklady a sanace:

Ze zahraničních děl byla prosedlinami poškozena hráz VD Gross See v Rakousku [Říha, 2004 a]. Vzhledem k výskytu dalších poruch byla provedena celková oprava spodní části těsnění v rozsahu 15 000 m².

K nejvážnější formě prosednutí pláště došlo na VD Morávka, během povodně v září 1996 byl plášť prolomen v ploše (4 x 6) m [Říha, 2004 a]. Prolomení bylo způsobeno sednutím výplně nepoužívané průzkumné šachtice.



Obr. 58 Prolomení pláště VD Morávka [Povodí Odry, 1996]

Poruchu nebylo možné opravit použitím asfaltobetonu, byla tak provedena provizorní sanace (Obr. 59) armovanou betonovou deskou s injektáží [Říha, 2004 a].



Obr. 59 Sanace prolomení ŽB deskou, VD Morávka [Povodí Odry, 1996]

Během povodní v následujícím roce docházelo k dalším poruchám, zejména k trhlinám a dalším prosednutím (Obr. 60). Příčinou bylo dlouhodobé prosakování vody z levobřežního svahu do tělesa hráze [Říha, 2004 a]. Byl tak vyplavován další materiál a docházelo ke vzniku dutin pod AB pláštěm. V letech 1997 až 2000 došlo k celkové rekonstrukci těsnění hráze, kdy byl AB plášť částečně odfrézován a nahrazen geomembránou.



Obr. 60 Velké prosednutí pláště na VD Morávka [Povodí Odry, 1996]

V AB plášti na horní nádrži VD Dlouhé Stráně se v roce 2018 objevila prosedlina o rozměrech (40 x 30 x 3) cm [WORKSHOP, 2019]. Prosedlina pravděpodobně vznikla nedostatečnou sanací trhliny z předešlých let, kdy nebyla dostatečně zasypána dutina pod pláštěm.

V průběhu sanace byl odstraněn AB v celé své mocnosti [Rudolfová, 2018]. Odstranění AB bylo provedeno kruhovým vrtákem o průměru 60 cm (Obr. 61). Pro zajištění zazubení pracovní spáry byl průzkumný vrt převrtán vrtákem o průměru 80 cm do hloubky 7 cm. Pod

pláštěm se objevila dutina zasahující až do hloubky 70 cm (Obr. 62). Dutina byla vyplněna betonovou směsí, pracovní spára se nepenetrovala a průzkumný vrt byl vyplněn novým AB a na povrchu opatřen ochranným nátěrem.



Obr. 61 *Prosedlina, VD Dlouhé Stráně [Rudolfová, 2018]*



Obr. 62 *Dutina pod AB pláštěm, VD Dlouhé Stráně [Rudolfová, 2018]*

5. Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit souhrnný výčet poruch AB plášťových těsnění spolu s jejich popisem, příčinami, místy výskytu, závažností, možnostmi sanace a uvedením praktických příkladů. V práci je tak rozebráno devět typů nejvyskytovanějších poruch, porušení mastixu, sjíždění AB pláště po svahu, odlupování, puchýře, vyboulení pláště, kráterky, neštovice, trhliny a prosednutí. Jednotlivé poruchy jsem klasifikoval dle stádia, závažnosti, místa výskytu, příčiny a opravitelnosti. Nastudováním odborné literatury jsem pak mohl provést jejich detailnější rozbor, zejména příčiny vzniku, možná místa a stádia výskytu, zhodnocení závažnosti a vhodné sanace. Dále jsem byl schopen především díky účasti na workshopu na téma Provozní zkušenosti z vodních děl s AB pláštěm přiřadit k jednotlivým poruchám praktické příklady výskytu a jejich sanace. Na závěr jsem zpracoval souhrnnou tabulku vyskytujících se poruch spolu s jejich stádiem výskytu, zhodnocením závažnosti a nutností opravy. Ve studiu poruch AB těsnících plášťů by se dalo pokračovat i do budoucna, zejména s podrobnějším použitím cizojazyčné literatury, a to především té rakouské a německé.

Důležité poznatky jako vyskytující se poruchy, jejich možná stádia, závažnost a nutnost opravy jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 4. Souhrn poruch, jejich fází, závažnosti a nutnosti sanace

Porucha	Stádia výskytu	Závažnost poruchy	Sanace
Porušení mastixu	Sloní kůže	Drobná	Není nutná
	Vznik trhlin	Drobná	Není nutná
	Odlupování mastixu	Závažná	Doporučená
Sjíždění po svahu	Zvrásněný povrch	Drobná	Není nutná
	Tvorba trhlin u koruny hráze	Závažná	Doporučená
	Odlupování	Velmi závažná	Nutná
Odlupování	Odlupování	Velmi závažná	Nutná
Puchýře mezi vrstvami	Vyboulení pláště	Drobná	Doporučená
	Praskání puchýře	Drobná	Doporučená
	Otevření puchýře	Závažná	Nutná
	Odlupování	Velmi závažná	Nutná
Vyboulení pláště	Vyboulení pláště	Závažná	Nutná
Puchýře v jedné vrstvě	Vyboulení pláště	Drobná	Doporučená
	Praskání puchýře	Drobná	Doporučená
	Otevření puchýře	Závažná	Nutná
	Prohloubení kráterku do dalších vrstev	Velmi závažná	Nutná
Neštovice	Lokální výskyt	Drobná	Není nutná
	Četnější výskyt	Drobná	Doporučená
	Zásah do dalších vrstev	Závažná	Nutná
Trhliny	Trhlina se projevuje pouze v těsnici vrstvě	Drobná	Doporučená
	Trhlina zasahuje do dalších vrstev	Závažná	Nutná
	V místě napojení pláště na korunu hráze	Závažná	Doporučená
	V místě napojení na funkční objekty	Velmi závažná	Nutná
Prosednutí pláště	Prohlubeň v plášti	Drobná	Doporučená
	Trhliny okolo prosednutí	Závažná	Nutná
	Prolomení pláště	Fatální	Okamžitá

6. Seznam použitých pramenů

6.1. Literatura

- ADAM, K., ŘÍHA, J., JANDORA, J., ŠPANO, M. 2014. Model porušení asfaltobetonového těsnění. In: XXXIV. Priehradné dni. Košice: Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. Odštepny závod Košice, s. 555-564.
- HEŘMAN, J., VOTRUBA, L. 1993. Spolehlivost vodohospodářských děl. Praha: Brázda, Česká matice technická (Brázda). ISBN 80-209-0251-1.
- MALIŠ, L., KUDRNA, J., ZAJÍČEK, J., MELUZÍN, P. a VODIČKA, J. 2010. Katalog poruch netuhých vozovek: Technické podmínky, Brno, 89 s.
- PIFFNER, H.P., HOCK, H. 2003. Asphalt hydraulic engineering, Walo Bertschinger AG, 97 s.
- Povodí Odry, 1996, VD Morávka
- RUDOLFOVÁ, M. 2018. Záznam o provedení opravy, 2 s.
- ŘÍHA, J. Soukromý fotoarchiv
- ŘÍHA, J. 2004 a. Rešerše aplikací AB a geomembránového plášťového těsnění na sypaných přehradách, Brno: Zpráva pro AQUATIS a. s.
- ŘÍHA, J. 2004 b. FMEA Rozhodovací analýza sloužící k výběru varianty řešení
- THE SHELL BITUMEN, 1999. The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook, Shell Centre London: Shell International Petroleum Company Ltd, (CD ROM Version)
- SVOBODA, L. 2004. O mísení frakcí kameniva. Beton TKS [online]. 24-28 [cit. 2019-02-28]. ISSN 1213-3116. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodl/gransy/aggweb.htm>
- SZLING, Z., SZYMAŃSKI, A. 1991. The origin of and prevention from damage to impervious facings. Sborník příspěvků k otázce č. 65, kongres ICOLD, Vídeň, 1991, s. 95-102.
- SZYMAŃSKI, A. 2004. Doświadczenia z eksploatacji i renowacji asfaltobetonowych wykładzin zbiorników górnych elektrowni szczytowo-pompowych Porąbka-Żar i Żarnowiec (Zkušenosti z provozu a renovace asfaltobetonových plášťů horních přečerpávacích nádrží Porąbka-Zar a Żarnowiec), prezentace, 94 s.

ŠIMA, E. 2011, Zpráva ze služební cesty na PVE Porabka-Zar v Polsku ze dne 6. 9. 2011, 6 stran.

TORKUHL, C., WILLSON, D. 2014. WALO: Dam and Landfill Construction, Walo Bertschinger AG, 108 s.

TSCHERNUTTER, P. 1988. Experience gained with asphaltic concrete facings on high-level embankment of the fragant group of power schemes. Sborník příspěvků k otázce č. 61, kongres ICOLD, San Francisco, 1988, s. 1105-1131.

TSCHERNUTTER, P. 2014. Behaviour of Asphalt Concrete Lined Reservoirs and Dams and their Foundation, přednáška na FAST VUT, Brno 3/2014.

VOTRUBA, L., KAZDA, I. 1968. Těsnění sypaných přehrad: Těsnění umělými materiály. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 178 s.

WORKSHOP, 2019 – Provozní zkušenosti z vodních děl s AB pláštěm, FAST VUT Brno, foto a text poskytnuty vlastníky děl

6.2. Předpisy

ČSN 73 6851. Asfaltobetonové konstrukce hydrotechnických staveb: Názvosloví a základní ustanovení. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1981.

ČSN 75 0120. Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechniky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

ČSN 75 2020. Asfaltové vrstvy hydrotechnických staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

7. Seznam tabulek

Tab. 1.	Třídění AB vrstev dle ČSN 75 2020.....	15
Tab. 2.	Třídění AB vrstev dle starší ČSN 73 6851	15
Tab. 3.	Přeznačení ze starší ČSN 73 6851 na aktuální ČSN 75 2020.....	15
Tab. 4.	Souhrn poruch, jejich fází, závažnosti a nutnosti sanace.....	62

8. Seznam obrázků

Obr. 1	Jednoplášťové těsnění.....	16
Obr. 2	Dvoupplášťové těsnění	16
Obr. 3	Pokládka AB na dno nádrže [Torkuhl, Willson, 2014]	18
Obr. 4	Horizontální pokládání AB [Pfiffner, Hock, 2003]	18
Obr. 5	Pokládka AB s plněním z koruny hráze [Pfiffner, Hock, 2003].....	19
Obr. 6	Pokládka AB s plněním ze dna nádrže [Pfiffner, Hock, 2003]	19
Obr. 7	Zkosení hran spojů v napojení těsnění svahu a dna nádrže [Pfiffner, Hock, 2003] ..	20
Obr. 8	Konstrukční spoj s měděným plechem [Torkuhl, Willson, 2014].....	20
Obr. 9	Porušení mastixu (sloní kůže) [Říha, 2004 b]	25
Obr. 10	Porušení mastixu na VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]	26
Obr. 11	Porušení mastixu na VD Porabka-Zar v Polsku [Szymański, 2004]	27
Obr. 12	Vozík pro nanášení mastixu, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	27
Obr. 13	Sjíždění AB po svahu [Říha, 2004 b]	28
Obr. 14	Následek sjíždění AB po svahu na VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]	29
Obr. 15	Teploty na ploše pláště s termoreflexní úpravou a bez [WORKSHOP, 2019].....	29
Obr. 16	Odlupování pláště, Porabka-Zar [Szymański, 2004]	30
Obr. 17	Odlupování na boční hrázi VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019].....	31
Obr. 18	Zvlnění nové těsnicí vrstvy VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019].....	32
Obr. 19	Puchýř na VD Porabka-Zar v Polsku [Szymański, 2004].....	32
Obr. 20	Puchýř, VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]	33
Obr. 21	Postup sanace na VD Čierný Váh (zleva: provrtání, zažehlení, injektáž a spojovací vrstva) [WORKSHOP, 2019]	34
Obr. 22	Vyboulení původní přidané těsnicí vrstvy, VD Josefův Důl [WORKSJOP, 2019] ..	35
Obr. 23	Vyboulení pláště, VD Morávka [Povodí Odry, 1996].....	36
Obr. 24	Vyboulení bitumenové geomembrány, VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]...	36
Obr. 25	Kráterek, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019].....	37
Obr. 26	Testování reflexního nátěru, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	38
Obr. 27	Řez poruchou, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	39
Obr. 28	Kráterky, VD Dlouhé Stráně po rekonstrukci v roce 2007 [WORKSHOP, 2019] 39	
Obr. 29	Kráterky na VD Porabka-Zar [Szymański, 2004].....	40
Obr. 30	Sanace poruchy sypkou asfaltovou směsí, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	41
Obr. 31	Vyboulení sypké asfaltové směsi, VD Dlouhé Stráně [Říha, soukromý fotoarchiv]	41
Obr. 32	Sanace torkretovací směsí, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	42

Obr. 33	Průběh sanace, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019].....	42
Obr. 34	Neštovice, VD Porabka-Zar [Szymański, 2004].....	43
Obr. 35	Neštovice, VD Dlouhé Stráně [Říha, soukromý fotoarchiv]	44
Obr. 36	Trhlina na VD Porabka-Zar [Szymański, 2004]	45
Obr. 37	Řez trhlinou, vlevo: trhlina zasahující pouze do těsnicí vrstvy, vpravo: trhlina prostupující i drenážní vrstvou, VD Stanovice [WORKSHOP, 2019].....	46
Obr. 38	Zarůstání trhliny vegetací [Tschernutter, 2014].....	47
Obr. 39	Vpravo: pokládka asfaltové membrány, vlevo: pokládka geomříže [The Shell Bitumen, 1999]	47
Obr. 40	Trhlina v místě pracovní spáry, VD Stanovice [WORKSHOP, 2019].....	48
Obr. 41	Trhlina v napojení AB pláště na betonový klín, VD Stanovice [WORKSHOP, 2019]	48
Obr. 42	Vlevo: průběh sanace trhliny, vpravo: výsledné provedení [WORKSHOP, 2019]...	49
Obr. 43	Trhlina na VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019].....	49
Obr. 44	Průběh sanace trhlin na VD Josefův Důl [WORKSHOP, 2019]	50
Obr. 45	Trhlina u koruny hráze a její sanace, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019] ..	50
Obr. 46	Trhlina v ploše pláště, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	51
Obr. 47	Vtokový objekt VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019].....	51
Obr. 48	Uložení drenážního potrubí; těsnicí měděný plech VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	52
Obr. 49	Kotvení PVC fólie do betonu a AB, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019] ...	52
Obr. 50	Sanovaná trhlina po první zimě, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	53
Obr. 51	Postup sanace trhliny, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	53
Obr. 52	Vyfrézovaný otvor, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	54
Obr. 53	Průběh pokládky AB, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019].....	54
Obr. 54	Průběh sanace trhliny v zavázání, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	55
Obr. 55	Trhliny na VD Čierný Váh [WORKSHOP, 2019]	55
Obr. 56	Trhlina na VD Porabka-Zar [Szymański, 2004]	56
Obr. 57	Prosednutí pláště, VD Dlouhé Stráně [WORKSHOP, 2019]	57
Obr. 58	Prolomení pláště VD Morávka [Povodí Odry, 1996]	58
Obr. 59	Sanace prolomení ŽB deskou, VD Morávka [Povodí Odry, 1996]	59
Obr. 60	Velké prosednutí pláště na VD Morávka [Povodí Odry, 1996].....	59
Obr. 61	Prosedlina, VD Dlouhé Stráně [Rudolfová, 2018]	60
Obr. 62	Dutina pod AB pláštěm, VD Dlouhé Stráně [Rudolfová, 2018]	60

9. Seznam zkratk a symbolů

AB	asfaltobeton
ACVL	asfaltový beton vodostavební ložní
ACVP	asfaltový beton vodostavbení podkladní
ACVT	asfaltový beton vodostavbení těsnicí
AKOV	asfaltový koberec otevřený vodostavbení
AMV	asfaltový mastix
PVE	přečerpávací vodní elektrárna
PAV	asfaltový koberec drenážní vodostavební
PVC	polyvinylchlorid, plast používaný k výrobě fólií
VD	vodní dílo
VAB	vodostavební asfaltobeton
VABH	vodostavební asfaltobeton hutný
VABM	vodostavební asfaltobeton mezerovitý
ŽB	železobeton